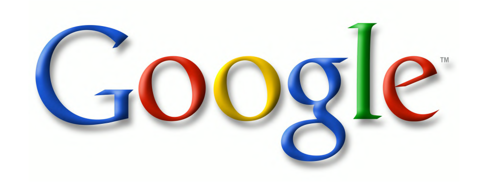
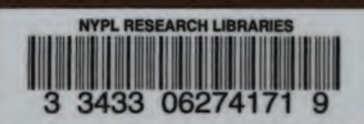



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274171 9



ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXII.

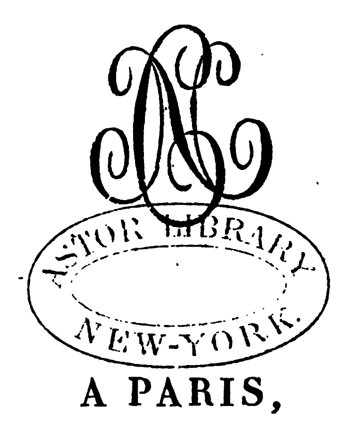
ANNALES

DE

HIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-DEUXIÈME.



A PARIS,

iez CROCHARD, Libraire, Cloître Saint-Benoît, n° 16,
près la rue des Mathurins.

1823.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES
DE
CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

EXPÉRIENCES

Sur le Développement de l'électricité par la pression; Lois de ce développement.

PAR M. BECQUEREL,

Ancien Chef de Bataillon du Génie.

Exposé des phénomènes.

COULOMB, dans une suite de recherches sur le développement de l'électricité par friction, a été conduit à conjecturer que la dilatation et la compression éprouvées par les particules des surfaces des corps avaient une influence déterminante sur la nature de l'électricité développée sur chacune d'elles. M. Biot, dans son *Traité de Physique*, rapporte, d'après les manuscrits de ce célèbre physicien, les observations qui le mirent à même de fonder cette conjecture.

Une expérience faite par M. Libes, avec le taffetas gommé, semble d'accord avec cette manière de voir.

Cette expérience consiste à prendre un disque de métal qu'on tient par un manche isolant, et à le presser sur un taffetas gommé : le taffetas acquiert l'électricité vitrée, et le disque l'électricité résineuse. L'effet est d'autant plus marqué que la pression est plus forte; mais il cesse aussitôt que le taffetas a perdu cette glutinosité qui rend sa surface facilement compressible. Si, au contraire, on passe le métal avec frottement sur le taffetas, c'est le métal qui prend l'électricité vitrée, et le taffetas l'électricité résineuse. Ayant eu récemment occasion de répéter les belles observations de M. Haüy sur les propriétés électriques que la simple pression entre les doigts imprime au spath d'Islande et à quelques autres substances minérales, je fus frappé des effets divers que produisaient les corps plus ou moins flexibles entre lesquels on les pressait; je voulus d'abord examiner dans ces expériences et dans les précédentes quelle pouvait être l'influence propre de la condensation des parties pour le développement de l'électricité, non-seulement dans les minéraux, mais dans d'autres corps susceptibles comme eux d'éprouver cet effet : j'ai été conduit ainsi à un résultat général qui me semble pouvoir devenir par la suite susceptible de jeter quelque jour sur les causes encore inconnues du développement de l'électricité. Ce résultat peut s'énoncer de la manière suivante : quand deux corps de nature quelconque, dont l'un est élastique, étant isolés, sont pressés l'un contre l'autre, ils se constituent dans deux états électriques différens; mais ils ne sortent de la compression, chacun avec un excès d'électricité contraire, qu'autant que l'un des deux corps n'est pas ce qu'on appelle un bon conducteur. L'effet ainsi produit dans ce dernier cas est

incomparablement plus énergique que ceux que donne un simple contact dans les expériences de Volta.

Le moyen le plus simple pour obtenir ces résultats consiste à former avec les substances que l'on veut éprouver de petits disques d'une épaisseur de quelques millimètres; on les adapte à des manches parfaitement isolans (1); puis, prenant ces manches dans chaque main, on presse un instant les substances l'une contre l'autre. Après les avoir retirées du contact, on essaie à l'électroscope l'électricité qu'elles ont pu acquérir : un seul contact suffit d'ordinaire pour faire fuir le petit disque de l'électroscope de Coulomb; mais, en répétant ces contacts, on peut charger fortement un électroscope quelconque. Quelquefois l'électricité est si forte, que le disque attire immédiatement les petits corps légers qu'on lui présente. Supposons, par exemple, deux disques isolés, l'un de liége, l'autre de caoutchouc; après la pression,

(1) Chaque manche se compose d'un tube plein en verre, recouvert d'un vernis à la gomme laque et terminé par une poignée en bois dont on se sert pour éviter le frottement de la main sur le verre. Les petits disques sont fixés à l'extrémité des tubes avec de la gomme laque. Avant de se servir de cet instrument, il est bon d'essayer à l'électroscope si le manche donne quelque signe d'électricité. Dans le cas où l'on en trouve, il suffit, pour la faire disparaître, de le chauffer à la flamme d'une bougie. Pour savoir jusqu'à quel point la gomme laque peut influer par la pression sur les effets électriques des disques, on presse fortement ces mêmes disques sur des corps susceptibles de donner peu d'électricité; alors on reconnaît s'il y a ou non développement d'électricité.

le caoutchouc a acquis l'électricité résineuse, le liége l'électricité vitrée. Pressons de même le liége sur une écorce d'orange, l'un et l'autre isolés : le liége prend l'électricité vitrée, et l'écorce d'orange l'électricité résineuse. Enfin, l'orange, pressée sur le caoutchouc, prend l'électricité vitrée, et donne au caoutchouc l'électricité résineuse.

La pression exercée sur des substances minérales isolées produit des effets analogues. Le spath d'Islande, la chaux sulfatée, la chaux fluatée, la baryte sulfatée, etc., pressés par le disque de liége, prennent un excès d'électricité vitrée, tandis que le disque de liége acquiert un excès d'électricité résineuse. Le disthène, le retinasphalte, au contraire, ont l'électricité résineuse.

La houille, le succin, le cuivre, le zinc, l'argent, etc., pressés par le disque de liége isolé, reçoivent un excès d'électricité résineuse, et le liége un excès d'électricité vitrée.

Dans toutes les expériences précédentes les deux substances pressées étaient isolées, afin que l'on pût étudier séparément l'espèce d'électricité acquise par chacune d'elles; mais, comme on devait s'y attendre, les mêmes effets ont encore lieu quand un seul corps est isolé et que l'autre communique avec le réservoir commun. Alors le corps isolé acquiert par la pression la même espèce d'électricité que lorsque le corps sur lequel on le pressait était isolé : seulement l'électricité acquise par celui-ci ne peut être aperçue, puisqu'elle s'écoule dans le sol.

Par exemple, un disque de liége isolé pressé sur le spath d'Islande, la chaux fluatée, la chaux sulfatée, etc., prend l'électricité résineuse, tandis que sur le cuivre, le

zinc et d'autres substances, il sort de la compression avec un excès d'électricité vitrée.

Les fruits mêmes, tels que l'orange, par exemple, étant légèrement comprimés par le disque de liége isolé, lui communiquent un excès d'électricité vitrée. A mesure que le fruit se dessèche, la faculté d'électriser le liége diminue. Lorsque la maturité lui donne toute l'élasticité dont il est susceptible, sans que sa surface s'humecte par décomposition, alors sa faculté paraît être dans toute sa force.

Le liége isolé appliqué par pression sur toutes les parties des animaux, pourvu qu'elles ne soient pas humides, reçoit un excès d'électricité résineuse. Les cheveux et les poils des animaux lui en donnent à-peu-près autant que le ferait le spath d'Islande; mais il est d'une nature contraire.

Les liquides imparfaits, lorsqu'ils sont sensiblement compressibles, donnent des résultats analogues. Le liége, légèrement pressé sur l'huile de térébenthine épaissie au feu, sort de la compression avec un excès d'électricité résineuse.

Jusqu'à présent je n'ai considéré que la pression d'un disque de liége sur différentes substances; mais j'obtiendrais des résultats semblables en pressant des disques de peau, d'amadou, etc., de moelle de sureau sur ces mêmes substances.

Les corps qui ont acquis une électricité par pression la conservent plus ou moins long-temps, selon le degré de leur faculté conductrice. M. Haüy a trouvé que le spath d'Islande donnait encore quelque signe d'électricité au bout de onze jours. D'autres corps sont tellement conduc-

teurs, qu'ils cèdent à ceux avec lesquels ils sont en contact, quand ils ne sont pas isolés, l'excédant d'électricité qu'ils ont acquis. La baryte sulfatée de Royat est de ce nombre; il est nécessaire de l'isoler parfaitement pour qu'elle conserve son électricité. Un cristal soumis à l'expérience possédait encore la faculté électrique au bout d'une demi-heure. Il est assez probable que la conservation de l'électricité sur les corps est proportionnelle à leur faculté conductrice.

Cette conservation de l'électricité dans certains corps malgré l'action absorbante de l'air, et même malgré le contact des substances humides qui les environnent, comme l'a bien prouvé M. Haüy; cette conservation, dis-je, ne tient-elle pas à ce que l'électricité développée par la pression à la surface de ces corps agit sur les électricités naturelles de leurs masses, les décompose, attire celle de nom contraire et repousse l'autre dans le centre de la masse, de manière à transformer les corps en véritables condensateurs, précisément comme lorsqu'on pose un plateau électrisé sur le plateau de marbre du condensateur de Volta?

Des Causes qui modifient le développement de l'électricité par la pression.

Dans l'exposé que je viens de présenter des phénomènes électriques produits par la pression, je n'ai fait seulement qu'indiquer les moyens de répéter les expériences, sans parler des causes qui pouvaient modifier les résultats; mais, comme ces causes influent plus ou moins sur le développement de l'électricité et même quelquefois le rendent nul, il est nécessaire d'en faire l'examen.

Le plus ou moins de conductibilité de l'électricité dans les deux corps pressés influe singulièrement sur la quantité d'électricité produite. Par exemple, si l'on presse l'un contre l'autre un disque de moelle de sureau et un autre de métal, chacun de ces disques n'aura acquis aucun excès d'électricité au sortir de la compression, et il en sera de même toutes les fois que les substances pressées seront conductrices de l'électricité : chacune de ces substances ne possédera que la quantité d'électricité due au contact. En général, il paraît que plus les deux corps approcheront d'être bons conducteurs, plus il deviendra difficile d'obtenir de l'électricité par la pression.

Nous ignorons ce qui se passe pendant cette action : cependant les phénomènes électriques que nous avons observés nous permettent de hasarder quelques conjectures à cet égard. Il paraîtrait qu'au moment de la pression il se forme un nouvel état d'équilibre entre les deux fluides qui composent le fluide électrique naturel : l'électricité vitrée occupe l'une des surfaces de contact, et l'électricité résineuse l'autre ; tant que dure la pression ces deux fluides sont neutralisés l'un par l'autre, et ils ne peuvent franchir la surface de contact. Ainsi ces deux fluides, malgré l'attraction réciproque de leurs molécules, malgré leur tendance plus ou moins grande à passer d'un corps dans l'autre, trouvent dans la pression et uniquement dans la pression une force qui neutralise ces deux actions. En effet, si les corps sont parfaits conducteurs ; aussitôt qu'une diminution de pression a eu lieu, les deux fluides se combinent instantanément, quelque grande que soit la vitesse de séparation : au contraire, si l'un des deux corps ne jouit pas pleinement de la conducti-

bilité, une diminution de pression n'entraîne pas sur-le-champ la recomposition des deux fluides, dont le développement était dû à la pression perdue. Cette recomposition mettra plus ou moins de temps à se faire, en raison de la conductibilité des deux corps pressés; de sorte qu'on finira par ne trouver sur chacun des corps que la quantité d'électricité due à la pression restante. Par exemple, prenons deux corps isolés; tels qu'un disque de liége et un cristal de baryte sulfatée convenablement disposé; pressons-les l'un contre l'autre avec une pression p; diminuons la pression d'une quantité p'; les deux corps se trouveront donc sous l'action d'une pression $p-p'$; retirons immédiatement les deux corps de la compression, on trouvera sur chacun d'eux un excès d'électricité contraire plus grand que celui relatif à la pression $p-p'$. Il est bien évident que cette plus-valeur est uniquement due à la pression perdue, puisque les corps n'ont pas cessé d'être en contact.

Les deux fluides développés par la pression sont réellement en équilibre à la surface de contact; car je me suis assuré par des expériences très-précises que chacun des deux corps, pendant la durée de la pression, ne donnait absolument aucun signe d'électricité.

En général, on peut dire que plus les corps approchent d'être bons conducteurs, plus la vitesse de séparation doit être grande pour éviter que les deux fluides ne se recombinent; et il est probable que, dans le cas où les corps conduisent parfaitement l'électricité, la vitesse de séparation doit être infinie.

L'expérience suivante donne une idée de l'influence de la vitesse de séparation dans le développement de l'é-

lectricité. Pressez un disque de liége isolé sur une orange, et retirez-le ensuite vivement : il emportera avec lui un excès d'électricité vitrée assez considérable ; mais si, au lieu de retirer le disque vivement, on ne le fait que plus ou moins lentement, on reconnaît de suite que la quantité d'électricité développée pour la même pression va toujours en diminuant, jusqu'à devenir insensible quand la vitesse est très-faible. Nous parlerons plus tard d'un appareil à l'aide duquel on peut répéter ces expériences d'une manière très-précise. Nous verrons qu'il existe pour chaque corps et pour chaque pression une vitesse qui donne un maximum d'électricité.

D'après ces considérations, on peut dire que deux corps quelconques, conducteurs ou non de l'électricité, pressés l'un contre l'autre, se constituent toujours dans deux états électriques différens; mais ces corps, après leur séparation, ne possèdent la quantité d'électricité due à la pression qu'autant que la vitesse de séparation est convenable, c'est-à-dire, est assez considérable pour que les deux fluides ne puissent pas se recombiner.

Le calorique paraît jouer un grand rôle dans les phénomènes dont nous nous occupons, puisqu'il les modifie d'une manière toute particulière. On sait déjà depuis long-temps que plus on élève la température d'un corps, plus il tend à acquérir l'électricité résineuse par son frottement avec un autre corps non conducteur. C'est ainsi qu'en élevant suffisamment la température du spath d'Islande, on finit par lui faire acquérir l'électricité résineuse quand on le presse légèrement avec le disque de liége. L'expérience suivante fera connaître aussi l'influence du calorique dans les expériences

faute de l'avoir prise, quelques savans ont prétendu que ces substances n'étaient pas électriques par pression.

Dans certains cas, il est nécessaire d'avoir égard aux dimensions des disques; par exemple, quand on presse le spath d'Islande avec un disque isolé de métal, si ce disque a une certaine étendue, le développement est nul, tandis que s'il a un millimètre de diamètre, le spath prend sur le-champ un excès d'électricité vitrée.

Le défaut de poli dans le spath d'Islande change tout-à-fait ses propriétés électriques : de très-mauvais conducteur de l'électricité qu'il était d'abord, il acquiert la faculté de conduire ce fluide; de sorte qu'il est nécessaire de l'isoler si l'on veut qu'il conserve l'électricité acquise par la pression. Sa sensibilité électrique est alors assez considérable.

En résumant, on voit que les résultats électriques de pression sont modifiés par la température des corps, la vitesse de séparation, leur état hygrométrique, l'état des particules de leurs surfaces, etc.

Rapprochement entre les phénomènes électriques par pression, et ceux que présente l'exfoliation de certaines substances minérales.

On sait que deux lames de mica, séparées brusquement dans l'obscurité, donnent lieu à un dégagement de lumière. On s'en était tenu à cet effet; mais si l'on a la précaution de faire l'expérience en fixant à chaque lame, au moyen d'un peu de mastic, un manche isolant, on reconnaîtra que chaque lame, en se séparant, emporte avec elle un excès d'électricité contraire, et que cet excès est d'autant plus grand que la séparation a été plus

vive. On obtient toujours ces résultats, quelque mince que soit la lame de mica; ainsi il est probable qu'on l'aurait encore en séparant deux molécules l'une de l'autre.

Le talc feuilleté du Saint-Gothard et la chaux sulfatée limpide de Montmartre donnent par l'exfoliation des résultats électriques semblables; et il est probable que si l'on avait des moyens de séparer vivement, c'est-à-dire, de cliver à la manière du mica toutes les substances cristallisées, chacune des parties sortirait avec un excès d'électricité contraire, et je ne doute pas que l'intensité de l'électricité développée ne fût en rapport avec l'énergie de l'attraction moléculaire (1).

Une carte dédoublée présente des effets analogues. On voit donc que, lorsqu'on exfolie certaines substances cristallisées, on obtient des résultats électriques semblables à ceux que donnent deux substances qui sortent de la compression: l'influence de la vitesse de séparation se fait également sentir dans ces deux modes d'action. Le développement de l'électricité ne serait-il pas dû, dans l'un et l'autre cas, à la destruction de l'attraction moléculaire? S'il en était ainsi, l'effet de la pression étant d'augmenter cette attraction, il s'ensuivrait que plus on comprimerait les corps, plus le développement d'électricité devrait être grand; c'est précisément ce qui arrive, comme nous le verrons en parlant des lois du développement de l'électricité par la pression.

---

(1) Depuis la rédaction de ce Mémoire on a donné beaucoup de développement à ces phénomènes, et les nouveaux faits que l'on a observés font connaître la distribution de l'électricité dans les substances minérales régulièrement cristallisées.

Deux lames de mica détachées du même morceau, étant rapprochées et pressées de nouveau, sortent de la compression dans deux états électriques différens; mais cette propriété ne dure que peu d'instans après l'exfoliation. Si on veut la leur rendre, il est nécessaire d'élever la température d'une des lames. Il semble résulter de là que, lorsqu'on sépare brusquement deux lames minces de mica, chacune d'elles n'a pas la même température, puisqu'au bout de quelques instans, c'est-à-dire, lorsque les deux lames ont dû se mettre en équilibre de température, il est nécessaire de chauffer légèrement l'une d'elles pour que la pression développe de l'électricité : cela est conforme à ce que nous avons dit sur ce qui se passe quand on presse l'un contre l'autre deux corps identiques en tout point. Il serait à désirer que l'on pût vérifier directement par l'expérience si réellement chaque lame n'a pas la même température immédiatement après leur séparation.

La chaux sulfatée exige certaines précautions avant de devenir électrique par exfoliation; il est nécessaire d'abord de lui enlever son eau hygrométrique et ensuite d'élever sa température si on veut que le phénomène soit sensible.

Le mode de développement d'électricité par exfoliation ne paraît convenir, à très-peu d'exceptions près, qu'aux substances régulièrement cristallisées; il n'est pas le résultat d'un simple déchirement; car un tube de verre, un bâton de gomme laque étant brisé, chaque partie ne possède aucune électricité.

Lois du développement de l'électricité par la pression.

On ignore encore si la cause des phénomènes électriques est une matière émise, ou bien si elle est simple-

ment le résultat d'un mouvement vibratoire imprimé aux molécules des corps : l'incertitude où l'on est à cet égard prouve qu'un voile épais couvre encore les phénomènes relatifs au développement de l'électricité. On connaît déjà plusieurs propriétés physiques importantes de l'électricité, entr'autres les attractions et répulsions, et les lois suivant lesquelles elles ont lieu ; sa distribution sur des corps conducteurs soit isolés, soit soumis à l'influence d'autres corps électrisés ; mais l'on n'a encore fait aucune recherche sur les lois du développement du principe électrique : un semblable travail exigeait un moyen d'électriser simple et facile à être mesuré ; on le trouve dans la pression.

On a fait voir, par un grand nombre d'expériences, que deux corps convenablement disposés et pressés l'un contre l'autre sortaient de la compression dans deux états électriques différens ; que si l'on trouvait des exceptions à cette règle, elles provenaient uniquement de ce que la vitesse avec laquelle on séparait les corps n'était pas assez considérable pour que les deux fluides ne pussent pas se recombiner, et qu'il faudrait, dans le cas de la conductibilité parfaite des deux corps, que la vitesse de séparation fût infinie.

Le développement de l'électricité par pression est modifié, comme nous l'avons vu, par la nature des corps, l'état de leurs surfaces, leur état hygrométrique, le degré de pression, la vitesse de séparation et la température. Il est donc nécessaire d'étudier dans ce développement l'influence de chacune de ces causes, si l'on veut approfondir les phénomènes électriques qui s'y rapportent.

Jusqu'à présent les recherches sur le dévoloppement de l'électricité se sont bornées à découvrir les moyens de mettre en mouvement le principe électrique, et à reehercher les circonstances dans lesquelles ce phénomène était modifié; mais l'on n'a nullement essayé d'en mesurer les effets quand l'une des causes influentes variait. Certes, c'est déjà beaucoup de découvrir un phénomène; mais la question n'est résolue qu'à moitié, si l'on n'y joint pas la loi suivant laquelle il s'opère; cette loi embrasse dans son ensemble tous les cas particuliers, qui en deviennent alors des conséquences immédiates.

On sait, par exemple, que le frottement, la chaleur, l'évaporation, etc., sont autant d'actions qui laissent dégager de l'électricité; mais quelle est l'intensité de ce dégagement, quand le frottement est plus ou moins rapide, quand la température est plus ou moins élevée? C'est ce qu'on ignore. Le frottement, qui est un phénomène composé, se prête moins bien à des recherches de ce genre que la pression, qui est un mode d'action plus simple. On peut effectivement augmenter ou diminuer son intensité d'une valeur déterminée; et, en comparant les quantités d'électricité qui en resultent, on en déduit le rapport entre les pressions et les intensités électriques correspondantes. C'est ce rapport qui constitue une des lois du développement de l'électricité par pression. Je ferai ensuite observer que la pression étant un des élémens du frottement, il est naturel d'examiner d'abord comment elle agit sur les phénomènes, pour être à même ensuite de tirer quelques inductions sur le développement de l'électricité par le frottement.

Description de l'appareil qui sert à mesurer les effets électriques produits par la pression.

De semblables recherches exigent un appareil avec lequel on puisse varier à volonté les causes qui influent sur le développement de l'électrité, et qui permettent d'en mesurer les effets : cependant nous n'aurons égard pour le moment qu'à la variation d'une des causes influentes, et nous supposerons toutes les autres constantes. Ainsi, nous agirons sur des corps dont le poli, la température et l'état hygrométrique seront sensiblement les mêmes : nous ne ferons donc varier que la pression. S'il en était autrement, il serait impossible, dans l'état actuel des connaissances sur le développement de l'électricité, de distinguer dans l'effet général la part que chacune des causes influentes aurait eue sur la production de l'électricité, etc.

L'appreil suivant remplit les conditions nécessaires : on prend une balance électrique que l'on place sur une planchette horizontale *gg*, fig. 1, recouverte d'une glace ; cette planchette est suspendue à l'aide de deux montans verticaux *hh* à une traverse *AA*, d'un fort chassis en bois *AABB*. La cloche *oo* de la balance est percée dans sa partie supérieure d'une ouverture *ii*, par laquelle on fait passer un tube en cuivre qui descend dans son intérieur et qui est maintenu à la travere horizontale par de fortes vis. A l'extrémité de ce tube, on fixe un appareil *cc* composé de deux petits plans circulaires en cuivre qui peuvent se rapprocher au moyen de trois vis, et dont le plan inférieur est percé à son centre d'une ouverture de deux centimètres ; c'est entre ces deux plans

qu'on place le corps qui doit être soumis à la pression. Ce petit appareil communique au réservoir commun par le moyen d'une chaîne métallique pour l'écoulement de l'électricité. Quand on veut élever la température du corps, on verse dans le tube de cuivre *bb* un liquide suffisamment chauffé.

On pratique aussi deux ouvertures dans la planchette : l'une, d'environ un décimètre de diamètre, pour l'usage intérieur de la balance, peut être fermée à volonté avec une capsule en verre dont le bord est revêtu d'une douille à vis; cette capsule est aussi destinée à recevoir les substances qui absorbent l'humidité de l'intérieur de la balance : l'autre ouverture *uu* sert à passer un petit tube en verre, recouvert d'un vernis à la gomme laque et portant à son extrémité supérieure le corps qui doit presser celui placé entre les deux plans circulaires; ensuite, quand on veut exercer la pression, on pose ce tube, au moyen d'un petit pied, sur une des extrémités d'un fléau de balance, dont l'autre est disposée pour recevoir les poids nécessaires à la production de la pression. L'ouverture pratiquée dans la planchette est suffisamment grande pour que ses mouvemens ne soient pas gênés; de plus, afin d'empêcher la communication de l'air extérieur avec celui renfermé dans la cage de la balance électrique, on fixe, au moyen d'un anneau, autour de l'ouverüre, un cylindre en baudruche, au milieu duquel passe le petit tube et dont les dimensions sont telles, que la peau légère dont il est formé ne gêne nullement les mouvemens du petit tube. Le fléau de la balance se hausse et se baisse à volonté à l'aide d'une vis de pression. Ensuite on dispose l'appareil de manière que le fléau soit dans une direction

horizontale, lorsque les deux corps soumis à la pression ne font que se toucher. Les choses étant ainsi disposées, on exerce la pression; puis, pour retirer les corps de la compression, on se sert de deux ressorts disposés de manière à recevoir une tension déterminée. Les ressorts, revenant à leur état primitif, entraînent avec eux le fléau; les corps se trouvent donc sortir de la compression avec une vitesse égale à la tension du ressort. Le corps placé à l'extrémité du tube étant sorti de la compression, il faut pouvoir le présenter au disque de clinquant suivant sa plus grande surface; on y parvient en formant ce tube de deux pièces, et les réunissant au moyen d'une charnière à boulon. Passant ensuite ce tube qui est plein dans un autre tant soit peu plus large, les deux parties se trouvent en ligne droite. Veut-on présenter le corps au disque de clinquant, on retire un peu le petit tube de son enveloppe, et aussitôt la partie supérieure trébuche.

Le plus souvent l'excès d'électricité acquis par chacune des substances au sortir de la compression est très-faible : si l'on prenait par conséquent pour fil de torsion un fil d'argent tel que Coulomb l'a employé dans ses expériences, la répulsion serait peu sensible et même quelquefois nulle; il faut donc le remplacer par un autre qui ait une force de torsion bien plus faible. Les fils de platine d'une grande finesse, tirés à la filière à la manière de M. Wollaston, remplissent parfaitement ce but; mais il faut avoir la précaution de choisir le degré de finesse convenable; car je me suis assuré que, lorsque ces fils ont atteint un certain degré de ténuité, la torsion d'un petit angle dérange assez l'aggrégation des molé-

cules, pour que celles-ci ne reprennent plus leur position primitive d'équilibre. Il en résulte que les oscillations d'un pendule horizontal suspendu à l'extrémité de ce fil ne sont plus isochrones : on doit donc le rejeter.

L'un des corps est placé entre les deux plans en cuivre et poli sur une de ses faces, s'il est minéral et quand il en est susceptible; et l'autre, que l'on prend ordinairement de liége ou de moelle de sureau dans les expériences comparatives, a la forme d'un petit disque de très-peu d'épaisseur et de même diamètre que le disque de clinquant de la balance. Il suit de là que lorsque ces deux disques, après avoir été ramenés tous les deux au zéro de l'échelle, sont en contact, il y a partage égal d'électricité : la répulsion a lieu aussitôt, et on en mesure l'effet au moyen d'une circonférence de cercle divisée, tracée sur la planchette horizontale. La forme plus ou moins cylindrique de la cage ne peut donc altérer en rien la valeur des degrés. On détermine exactement la position du bras de levier qui porte le disque de clinquant, au moyen d'une règle verticale posée sur un pied circulaire, que l'on promène le long de la circonférence de cercle, et dont le centre correspond au prolongement du fil de torsion.

Voyons maintenant où conduit le partage égal d'électricité entre les deux disques : on sait que la force totale de la répulsion varie pour chaque distance dans le même rapport que les quantités d'électricité qui contribuent à cette répulsion ; il est donc nécessaire que l'expression de son énergie, qu'on appelle *réaction électrique*, soit proportionnelle au produit de ces deux quantités. Or, représentons par x l'excès d'électricité acquise par le disque de liége ou de moelle de sureau au sortir de la compression :

aussitôt après le contact avec le disque de clinquant, l'un et l'autre posséderont un excès d'électricité $\frac{1}{2}x$; la réaction électrique sera donc exprimée par $\frac{1}{4}x^2$; mais cette même réaction est donnée directement par l'expérience, puisque l'arc de cercle qui mesure l'écart des deux disques lui est proportionnel en tant que cet arc peut être pris pour sa corde; ce qui peut toujours se faire en tordant convenablement le fil de suspension. Soit e cet arc, on aura $e=\frac{1}{4}x^2$; d'où $x=2\sqrt{e}$. Telle est la valeur de la quantité d'électricité acquise par le disque de moelle de sureau après une pression P. Pour une autre pression P' on aura $x'=2\sqrt{e'}$; mais si l'on ramène par la torsion, dans les deux expériences, les deux disques à la même distance, les valeurs de x et x' deviendront comparables, et on en déduira le rapport des intensités électriques dues à des pressions différentes.

Cette manière de déterminer la quantité d'électricité produite par une pression quelconque peut être employée toutes les fois que la répulsion du disque de clinqunnt, après le partage de l'électricité, est mesurée par un arc d'un certain nombre de degrés; mais souvent le développement de l'électricité est si faible que la réaction électrique devient inappréciable, malgré la grande sensibilité de torsion du fil de platine. Il faut donc avoir recours à un autre expédient : il suffit pour cela de donner au disque de clinquant une quantité d'électricité dont on puisse déterminer à chaque expérience l'intensité; alors tous les résultats deviendront comparables; on place dans la cage de la balance un second disque de clinquant de même diamètre que le premier et isolé de même; on l'électrise au moyen d'un fil de laiton qui traverse la cage;

ensuite on met en contact les deux disques de clinquant en tournant convenablement le tambour qui porte le micromètre; il y a de suite partage égal d'électricité, puis répulsion. On tourne de nouveau le micromètre pour ramener les deux disques à une distance mesurée par un petit arc, tel que 10°, qui puisse être pris pour sa corde. Soit a le nombre de degrés dont on a tordu le fil, $\sqrt{10^\circ + a}$ représentera la quantité d'électricité possédée par chaque disque de clinquant. Les choses étant ainsi disposées, retirons les deux corps de la compression, et plaçons le disque de liége, qui est sensé avoir acquis un excès d'électricité de même nature que celle communiquée au disque de clinquant, au zéro du cercle horizontal, en y ramenant aussi le disque de clinquant qui possède une quantité d'électricité $\sqrt{10^\circ + a}$, il y aura répulsion; ramenons encore par la torsion les deux disques à une distance angulaire de 10°; et soit d le nombre de degrés dont il faudra tordre pour cela le fil, on aura évidemment, en représentant par y l'excès d'électricité possédé par le disque de liége ou de sureau, $y \cdot \sqrt{10+a} = 10 + d$; d'où :

$$y = \frac{10 + d}{\sqrt{10+a}};$$

telle est l'expression de la quantité d'électricité due à une pression P. Pour une autre pression P', on aura :

$$y' = \frac{10 + d'}{\sqrt{10+a'}},$$

y', a', d' étant des quantités analogues à y, a et d. Donc les intensités électriques provenant de deux pressions P et P' sont entr'elles comme :

$$\frac{10+d}{\sqrt{10+d}} : \frac{10+d'}{\sqrt{10+d'}}.$$

Usage de l'appareil.

Les surfaces des corps soumis à la pression doivent être, autant que possible, dans un état semblable de poli ; sans cette précaution les résultats électriques ne seraient pas comparables, puisque le plus ou moins de poli influe singulièrement sur la quantité d'électricité développée. Si ce sont des substances minérales, on les taille en plaques minces et on leur donne tout le poli que l'art peut atteindre, ou bien, ce qui est préférable, on les clive naturellement quand elles en sont susceptibles : ensuite on lave la surface qui doit être pressée avec de l'alcool pour enlever les matières grasses qui pourraient s'y trouver, et on laisse séjourner le corps pendant quelque temps dans l'air sec de la balance ; on lui enlève par là la petite couche d'humidité qui adhère ordinairement à la surface de tous les corps. Quant aux substances qui ne sont pas minérales, on se contente de les priver de leur eau hygrométrique. Cette dernière précaution est indispensable ; car certaines substances, telles que la baryte sulfatée cristallisée, le mica, la chaux sulfatée, etc., ne sont électriques par pression qu'autant qu'elles ont été préalablement desséchées.

A l'instant où l'on place les deux corps l'un sur l'autre, il faut éviter avec le plus grand soin qu'ils n'éprouvent point de frottement ; car il en résulterait une complication d'effets dont on ne pourrait rendre compte. On remplit cette condition en posant ces corps de manière à ce que le fléau de la balance n'éprouve d'oscilla-

tion dans aucun sens ; on fixe pour cela au pied de l'appareil une tige verticale qui monte et descend au moyen d'un engrenage à crémaillère, et qui est terminée à sa partie supérieure par une fourchette dans laquelle on place un des bras du fléau de la balance. Cet engrenage est tellement disposé, que le fléau de la balance peut monter et descendre sans oscillations latérales. De plus, pour être bien certain que le plus petit frottement n'a pas influé sur la quantité d'électricité due à la pression, on laisse subsister la pression pendant quelque temps (1).

Il est très-difficile de déterminer la loi des intensités électriques dues à une même pression et à des vitesses de séparation différentes : les recherches que cette loi exigerait ne peuvent être faites avec l'appareil dont nous nous servons ; mais on trouve facilement la loi des intensités électriques qui résultent de différentes pressions et de vitesses de séparation donnant le *maximum* d'effet. Supposons donc que par des expériences préliminaires on ait déterminé les vitesses *maxima*, et voyons ce qui arrive quand les pressions croissent. Prenons diverses substances, et pressons-les toutes avec le même disque de sureau.

---

(1) Dans les expériences qui ont pour but de déterminer le rapport entre les densités électriques et les pressions correspondantes, on doit éviter de soumettre à la pression des substances à l'égard desquelles de légères altérations dans les surfaces pressées apporteraient de grandes différences dans les quantités d'électricité développées. Par exemple, le liége et la moelle de sureau ne pourraient convenir parce que le plus petit changement de température dans l'un de ces deux corps suffit souvent pour modifier considérablement le développement de l'électricité; il faut prendre des substances telles que la baryte sulfatée et le liége.

Substances pressées.	Le spath d'Islande clivé naturellement ; Le liége.				
Pressions.	Vitesses donnant le *maximum*.	Valeurs de *a*.	Valeurs de *d*.	Intens. élec. déduites de la formule $\frac{10+d}{\sqrt{10+a}}$.	Moyennes.
1	....	...	...	....	(1,5)
2	....	20	10	3,6 }...	3,4
id.	....	26	9	3,2	
3	....	28	16	4,2 }...	4,6
id.	....	6	10	5,0	
4	....	6	14	6,2 }...	6,0
id.	....	10	16	0,5	

On voit donc que, pour les pressions

	1	2	3	4,
les int. élect. sont	x	3,4	4,6	6.

Les intensités électriques sont donc sensiblement proportionnelles aux pressions, puisqu'en supposant $x = 1,5$, on aurait des résultats qui différeraient peu de ceux donnés par l'expérience.

Pressions.........	1	2	3	4.
Int. élect. calculées.	1,5	3,0	4,5	6.

Le spath d'Islande poli, soumis aux mêmes expériences que le spath d'Islande clivé naturellement, a constamment donné, pour une même pression, une quantité d'électricité moins forte que le second, dans le rapport

de 2 à 6, c'est-à-dire que dans le spath d'Islande poli, la faculté électrique par pression est à-peu-près le tiers de ce qu'elle est dans l'autre. Cette différence est remarquable, attendu que le poli dans les substances minérales augmente ordinairement le pouvoir électrique, tandis qu'il le diminue dans le spath d'Islande. L'état hygrométrique n'est pour rien dans cette différence, puisque le cristal a été privé d'eau avant l'expérience.

Soumettons à la pression d'autres substances :

Substances pressées. { La baryte sulfatée cristallisée, polie ; Le liége.

Pressions.	Vitesses.	Valeurs de a.	Valeurs de d.	Intens. élec. déduites de $\frac{10+d}{\sqrt{10+a}}$		Int. élec. calculées.
1	....	...	...	....		1,05
2	....	10	1	2,0		
id.	....	10	0	2,2	2,1	2,1
id.	....	15	0	2,0		
3	....	15	6,0	3,2		
id.	....	15	5,5	3,1	3,1	3,1
id.	....	6	2	3,0		
4	....	15	12	4,4		
id.	....	20	13	4,2	4,2	4,2
id.	....	0	3	4,2		
6	....	5	14	6,1	6,1	6,3
6	....	10	18	6,2		

On voit encore, par les résultats consignés dans ce tableau, que les intensités électriques croissent proportionnellement aux pressions.

Substances pressées.	Le quartz hyalin poli ; Le liége.				
Pressions.	Vitesses.	Valeurs de a.	Valeurs de d.	Intens. élec. déduites de $\frac{10+d}{\sqrt{10+a}}$.	
4	....	1	3	4,1	3,9
id.	....	30	29	3,3	
id.	....	4	6	4,2	
id.	....	26	15	4,1	

Substances pressées.	La chaux sulfatée ; Le liége.				
Pressions.	Vitesses.	Valeurs de a.	Valeurs de d.	Intens. élec. déduites de $\frac{10+d}{\sqrt{10+a}}$.	
4	....	26	3	2,1	1,9
id.	....	20	0	1,8	
id.	....	6	2	2,0	
id.	....	*id.*	*id.*	*id.*	

Soient $i\ i'\ i''\ i'''$ les intensités électriques du spath d'Islande, de la baryte sulfatée, du quartz hyalin et de la chaux sulfatée, on aura, pour la même pression, $i : i' : i'' : i''' :: 6 : 4,2 : 3,9 : 1,9$. On voit que la puissance électrique dans la chaux sulfatée est environ trois fois moindre que dans le spath d'Islande, c'est-à-dire que ces deux substances, sous la même pression de

la moelle de sureau, emportent chacune un excès d'électricité positive qui est trois fois plus fort dans le spath d'Islande que dans l'autre.

Ces expériences montrent que l'intensité électrique pour des pressions, depuis un kilogramme jusqu'à dix kilogrammes, est proportionnelle à la pression, c'est-à-dire que, pour une pression double, l'intensité électrique est double, etc.; bien entendu que la vitesse de séparation est telle dans chaque expérience, qu'elle donne le *maximum* d'intensité électrique.

Cette proportionnalité s'étend-elle à des pressions beaucoup plus fortes, en employant toutefois des vitesses convenables? Il est assez difficile de résoudre cette question; car l'appareil avec lequel on opère ne permet d'employer que des pressions peu considérables : cependant, si le développement d'électricité est dû, comme il est probable, à la compression des deux corps, c'est-à-dire, au rapprochement des molécules, on conçoit que ce développement devra cesser de croître quand les molécules auront atteint un certain degré de compression. En effet, l'état des molécules, dans les corps, peut être assimilé à la force d'un ressort : il suit donc de là que plus les corps auront été comprimés, moins il deviendra facile de les comprimer de nouveau; il arrivera donc un certain point où les molécules ne pourront plus être rapprochées. Si les choses se passent ainsi, l'intensité électrique doit croître d'abord rapidement, et son accroissement diminuer ensuite lentement. Les expériences précédentes montrent que, dans les faibles pressions, les intensités électriques forment une progression géométrique croissante.

En supposant que la température fût constante, l'intensité électrique, pour une pression quelconque p, aurait une expression de la forme

$$ap \pm A\sqrt[m]{p},$$

dans laquelle a, A et m seraient trois quantités constantes pour le même corps, mais variables d'un corps à l'autre. m devrait être tel que, pour des valeurs peu considérables de p, le terme

$$A\sqrt[m]{p}$$

pourrait être négligé par rapport à ap. Si dans le spath d'Islande clivé naturellement $a = 1{,}5$, on aurait :

$$i = p \cdot 1{,}5 \pm A\sqrt[m]{p}.$$

Cette formule est tout-à-fait empirique.

En considérant la manière dont le développement de l'électricité croît dans les corps par l'augmentation de la pression, ne doit-on pas y rapporter certains phénomènes lumineux, dont on ne connaît pas encore bien l'origne ? Par exemple, on dit que, dans les mers polaires, il arrive souvent que des blocs de glace, en se choquant, font rejaillir de la lumière. Ces blocs énormes arrivent à la rencontre des uns des autres avec des quantités de mouvement considérables ; ils doivent donc éprouver une grande compression qui constitue chacun de ces blocs dans deux états électriques différens. Au moment où la compression cesse, les deux fluides se recombinent aussitôt à cause de la conductibilité de la glace. La lumière dégagée ne serait-elle pas due à la recomposition subite des deux fluides ?

Le fer frappé à coups redoublés devient aussi lumineux; ne se produirait-il pas ici les mêmes phénomènes électriques de pression que lorsque deux morceaux de glace se choquent ?

Résumé.

En résumant ce que nous venons d'exposer, on voit, 1° que tous les corps se constituent dans deux états électriques différens par la pression; que dans deux corps parfaitement conducteurs, cet état d'équilibre cesse au moment où la pression disparaît, tandis que lorsqu'un des corps n'est pas bon conducteur, l'effet de la pression subsiste pendant un temps plus ou moins long; que la pression seule maintient l'équilibre des deux fluides placés sur chacune des surfaces; puisque, quand il y a diminution de pression et qu'au bout d'un certain temps on retire les corps de la compression, ils ne possèdent plus l'un et l'autre que la quantité d'électricité due à la pression restante; que le calorique modifie d'une manière toute particulière le développement de l'électricité; que l'intensité électrique croît d'abord en raison directe de la pression, et qu'il est probable que cette proportionnalité diminue dans les pressions élevées, à mesure que les corps perdent de la faculté de se comprimer; on voit enfin qu'il est probable que la lumière dégagée dans de grands chocs est due à la recomposition subite des deux fluides qui se sont développés sur chaque surface au moment de la compression.

Note *sur l'Exhalation et l'Absorption de l'azote dans la respiration.*

Par M. Edwards, D. M.

(Lue à l'Académie des Sciences le 15 décembre 1822.)

Depuis les premières expériences sur les altérations de l'air par la respiration, les savans n'ont été d'accord que sur deux points : la disparition d'une portion de l'oxigène, et la production d'acide carbonique : encore diffèrent-ils sur la manière d'envisager la formation de cet acide; les uns le considérant comme formé de toutes pièces dans la respiration par la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang; les autres comme le produit de l'exhalation, et l'oxigène qui disparaît comme entièrement absorbé; mais ces diverses manières de voir ne portent que sur le mode de formation de ce gaz; le fait de sa production a été un résultat uniforme de toutes les expériences sur la respiration.

Sur tous les autres points il y a divergence; d'abord, relativement à la quantité d'oxigène qui disparaît, comparée à celle de l'acide carbonique produit, les uns trouvent que ces quantités sont sensiblement égales; les autres qu'elles diffèrent d'une manière marquée. Ces expérimentateurs n'ont opéré ni sur les mêmes individus, ni souvent sur les mêmes espèces, ni toujours dans les mêmes circonstances : ainsi les différences dans les résultats pouvaient provenir de là, tout aussi bien que du défaut d'exactitude dans les mesures employées pour les évaluer.

Les expériences de M. Dulong ne laissent aucun doute sur cette opinion. Il a trouvé des proportions très-différentes dans l'oxigène qui disparaît et l'acide carbonique qui se forme depuis une égalité presque parfaite jusqu'à une différence très-grande, et telle que l'acide carbonique produit équivaut, suivant les espèces, à un tiers, ou même, si je me suis bien rappelé les nombres, à la moitié de l'oxigène qui disparaît.

Or, ces résultats confirment ceux que j'ai consignés dans un Mémoire que j'ai lu à l'Académie des Sciences, sur les altérations de l'air par la respiration (1).

Relativement à l'azote, même différence dans les résultats : suivant les uns, la quantité d'azote expirée est égale à celle qui est inspirée ; suivant d'autres, elle est diminuée ; selon d'autres enfin, elle est augmentée. Or, il est arrivé ici pour l'azote ce que nous avons observé relativement aux proportions d'oxigène qui disparaît, et d'acide carbonique qui se forme. Les résultats sont différens, mais ne sont pas incompatibles. Ils dépendent moins de l'inexactitude du procédé que de la constitution des animaux et des circonstances dans lesquelles on a opéré. Je me suis assuré que tous ces phénomènes ont réellement lieu dans la nature, et ne sont pas des illusions de l'expérience. Ce résultat est également consigné dans le Mémoire que j'ai cité plus haut.

Les principaux savans qui ont constaté l'absorption d'azote dans la respiration des animaux vertébrés, souvent dans des quantités si notables que ce résultat devait être

---

(1) *Voyez* l'extrait de ce Mémoire ; Thenard, *Traité de Chimie*, tome IV, page 288, 3e édition.

hors de la limite des erreurs de l'expérience, sont Spallanzani, de Humboldt, Davy, Pfaff et Henderson. Ceux qui n'ont pas trouvé d'altération sensible dans la quantité de ce gaz sont Allen, Pepys et Dalton : les savans qui en ont reconnu l'augmentation sont Berthollet et Nysten. Quoique ce dernier ait quelquefois trouvé l'azote excédant en proportion telle qu'on ne puisse l'attribuer à des fautes d'analyse, le fait de l'exhalation d'azote dans la respiration était celui qui avait le plus besoin de confirmation. Indépendamment de toute autre preuve, il vient d'être confirmé de la manière la plus complète par les travaux de M. Dulong.

MM. de Humboldt et Provençal, dans une longue suite d'expériences sur la respiration des poissons, ont constaté que ces animaux absorbent de l'azote dans une grande proportion.

Spallanzani a reconnu l'absorption d'azote par des reptiles et diverses espèces d'animaux à sang chaud. Davy l'a trouvée sur lui-même et dans des expériences si nombreuses, qu'il ne put douter de la vérité du fait. Il en est de même de Pfaff et Henderson.

On ne peut pas douter que les savans que je viens de citer n'aient réellement observé l'absorption d'azote. Quant à moi, je devais en être pleinement convaincu, puisque je l'avais constaté moi-même dans des cas multipliés. J'étais également persuadé de la vérité du fait de l'exhalation d'azote avancé par d'autres savans, puisque je l'avais reconnue par des observations tout aussi multipliées que les précédentes. Il en est de même relativement au phénomène intermédiaire, l'égalité dans les quantités

de l'azote inspiré et expiré; car de très-petites différences en pareil cas doivent être négligées.

Mais l'esprit ne se complaît que dans la régularité des phénomènes. Accoutumé à les trouver constans dans la nature inorganique, et à juger de la vérité des résultats de l'expérience par la possibilité de les reproduire à volonté dans le même sens et dans la même mesure, on recherche avec empressement le même caractère dans un autre ordre de faits qui sont nécessairement variables. De là, la difficulté d'obtenir un assentiment général aux résultats d'expériences physiologiques, qui, par leur nature, ne peuvent présenter cette uniformité sur laquelle l'esprit se repose avec confiance.

Persuadé que des résultats différens et même opposés ne s'excluent pas nécessairement quand il s'agit de la vie, je me suis toujours appliqué à varier tellement mes recherches que je pusse reproduire quelques-uns de ces phénomènes qui paraissaient contradictoires dans les travaux des autres physiologistes. C'est ce qui m'est arrivé relativement à la respiration, et surtout en ce qui concerne l'azote. Mais cela ne suffisait pas; il fallait aussi rechercher par quels liens ces phénomènes divers pouvaient être unis; c'est là l'objet principal des observations que je présente aujourd'hui à l'Académie.

Dans les expériences différentes où l'on obtient d'une part la diminution de la quantité d'azote, et de l'autre l'augmentation de ce gaz, il y a deux manières d'envisager ces résultats. Dans la première, la quantité d'azote qui disparaît serait due uniquement à l'absorption, et l'augmentation de la quantité de ce fluide uniquement à l'exhalation; de manière qu'une seule de ces fonctions

s'exercerait à la fois. Dans la seconde, les deux fonctions d'absorption et d'exhalation s'exerceraient en même temps, et l'on ne verrait dans les résultats que les différences de leur action. Ainsi, lorsqu'un animal respire dans l'air atmosphérique, les deux fonctions seraient simultanées; d'une part, il absorberait de l'azote; d'autre part, il en exhalerait; et du rapport des quantités absorbées et exhalées proviendraient nécessairement trois résultats différens, suivant la constitution des individus et les circonstances où ils sont placés. Lorsque l'exhalation prédomine sur l'absorption, on n'aura pour résultat de l'expérience que de l'exhalation; lorsque l'absorption prédomine, la différence sera de l'absorption; lorsqu'enfin ces deux fonctions ont lieu dans la même proportion, on ne verra les effets ni de l'une ni de l'autre, et l'azote expiré sera égal à l'azote inspiré.

Jusqu'ici cette interprétation de ces résultats divers n'est qu'une vue de l'esprit; mais comme il serait de la plus grande importance pour la physiologie de s'en assurer, il s'agit de la vérifier par des faits. On ne peut trouver la solution de cette question par des expériences directes; car on ne pourra jamais voir dans une même expérience que l'absorption et l'exhalation d'azote ont lieu en même temps. Il faut avoir recours à des méthodes indirectes, par lesquelles cependant on peut acquérir la même certitude. Supposons le cas d'un animal donnant pour résultat d'expérience l'égalité de l'azote inspiré et expiré, ou des différences si légères qu'on pourrait les négliger. Dans l'hypothèse où le résultat est dû à l'égalité dans les quantités absorbées et exhalées, il y aurait un moyen certain de détruire cet équilibre. On ne saurait

empêcher l'animal d'exhaler de l'azote ; mais on peut le placer dans des conditions telles qu'il ne puisse en absorber, ou du moins des quantités si petites qu'elles n'influent pas sur le résultat prévu.

Voilà le genre de recherches que je m'étais proposé, et dont je me suis occupé après avoir présenté à l'Académie le Mémoire sur la respiration ; mais ces recherches de ma part étaient inutiles. Les expériences de cette nature ont déjà été faites, mais dans des vues très-différentes. Allen et Pepys en ont fait avec la plus grande exactitude. Les résultats n'en sont pas équivoques, et il est facile de les prévoir d'après les vues que j'ai exposées.

Je n'ai pas besoin de décrire l'appareil ; il suffit de dire que l'animal était placé dans des conditions telles que sa respiration était semblable à celle qui avait lieu dans l'air atmosphérique, en entretenant le renouvellement de l'air par un courant constant et uniforme.

Ces auteurs placent un cochon d'Inde dans leur appareil ; l'animal s'y porte aussi bien qu'à l'air libre. Ils trouvent après l'expérience, relativement à l'azote, que sa quantité est sensiblement la même avant qu'après. Ce résultat, conforme à d'autres, les persuade que l'azote n'éprouve aucune altération dans la respiration libre et naturelle.

Dans le même appareil, au lieu d'azote, ils emploient de l'oxigène qui n'était pas absolument pur et qui contenait encore cinq pour cent d'azote. Ils y placent un animal de même espèce ; ils entretiennent un courant de ce gaz comme dans les expériences précédentes ; l'animal paraît en bon état. Prévoyons le résultat d'après le principe établi plus haut. Si dans les expériences précéden-

tes, où l'animal respirait l'air atmosphérique, il ne s'est pas manifesté d'exhalation d'azote, c'est qu'il était dans le cas de pouvoir en absorber en quantité suffisante pour égaler la perte; mais dans l'oxigène presque pur les conditions sont bien différentes. La petite quantité d'azote qui se trouve dans l'oxigène n'est plus en proportion suffisante pour que l'absorption équivale à l'exhalation de ce gaz; et l'absorption, s'il en existe, est si petite, qu'on doit la regarder comme nulle. L'exhalation se manifestera donc, dans ce cas, d'une manière notable.

Voilà le résultat de la théorie; voici celui de l'expérience : l'exhalation fut considérable, et il était impossible d'attribuer l'excédant d'azote à la quantité qui était dans les poumons au commencement de l'expérience; car le volume de l'azote expiré surpassait de beaucoup le volume de l'animal. C'était donc une véritable exhalation, qui, dans cette série d'expériences, était rendue évidente par l'impossibilité où était l'animal d'absorber une quantité équivalente d'azote. Les auteurs étaient portés à croire que l'exhalation était due à la circonstance extraordinaire de la respiration d'oxigène; mais il est évident que cette fonction a toujours lieu. Il suffit d'invoquer à ce sujet les faits constatés par M. Dulong, puisqu'elle a lieu également dans la respiration de l'air atmosphérique. La quantité, à la vérité, en est variable; mais on ne peut douter qu'elle n'ait toujours lieu.

Voici une autre vérification qui ne laisse rien à désirer, et dont nous pouvons de même prévoir les résultats.

Supposons qu'on fasse respirer un animal dans un air factice, composé d'oxigène et d'hydrogène dans les mêmes proportions que l'air atmosphérique, je dis que nous

pouvons prévoir le résultat d'après les principes exposés plus haut. D'abord, à cause de l'absence de l'azote, ou de sa présence en très-petite quantité, l'exhalation de ce gaz ne pourra pas être contre-balancée par l'absorption, et son exhalation sera alors manifeste comme dans le cas précédent. Mais il y a plus : dans cet air factice l'azote est remplacé par l'hydrogène. Or, je dis que par la nature même de la fonction de l'absorption dans les poumons, il y aura absorption de ce gaz, et elle sera manifeste, parce que l'exhalation d'hydrogène n'étant pas un produit de la respiration, rien ne contre-balancera l'absorption. Je dis qu'il y aura nécessairement une absorption d'hydrogène dans les poumons, parce que tous les liquides qu'on introduit dans ces organes sont absorbés. Les expériences nombreuses de M. Magendie le mettent hors de doute. Tous les autres gaz le sont aussi. Y aurait-il une exception pour l'hydrogène ? D'autres faits que je ne cite pas prouvent directement que cette exception n'existe pas.

Passons maintenant du projet de l'expérience et des considérations qu'il a fournies à l'exposition du fait. Allen et Pepys ont fait cette expérience de la manière que j'ai indiquée, avec les mêmes précautions que dans les cas précédens. Les résultats ont été exactement semblables à ceux que j'ai déduits des vues exposées plus haut. L'exhalation d'azote a été telle qu'elle a surpassé le volume de l'animal ; il y a eu une absorption considérable d'hydrogène. Voici la preuve que les deux fonctions sont exercées en même temps : d'une part, l'exhalation qui fournit nécessairement de l'azote ; et de l'autre, l'absorption qui s'exerce indispensablement sur le gaz respiré, dont une grande partie se trouve ici être de l'hy-

drogène. Or, l'hydrogène est un gaz moins propre à la respiration, moins propre à l'entretien de la vie que l'azote. Cependant il a été absorbé dans une proportion telle qu'elle surpassait la quantité d'azote exhalée.

Maintenant qu'on substitue à l'hydrogène qui formait cet air factice de l'azote en même proportion pour former de l'air atmosphérique, n'est-il pas de toute évidence qu'il sera absorbé de même, et que cette absorption ne pourra se manifester qu'autant que la quantité absorbée surpassera celle qui sera exhalée? Or, ces deux fonctions étant nécessairement variables dans la mesure de leur action, suivant une foule de conditions dépendantes soit de la constitution de l'individu, soit des circonstances auxquelles il est exposé, leurs rapports varieront et donneront infailliblement naissance aux trois résultats dont nous avons parlé plus haut, dans les rapports de l'air inspiré et expiré, l'excès, l'égalité ou la diminution d'azote.

Ces observations me paraissent devoir jeter un nouveau jour sur les altérations de l'air dans la respiration.

Il est un autre point dont je ne parlerai pas ici. Il est relatif à la question importante de savoir si l'acide carbonique produit dans la respiration est formé de toutes pièces dans l'acte même de cette fonction par la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang, ou s'il est le résultat de l'exhalation.

Je me propose d'en entretenir l'Académie dans une autre occasion.

EXPÉRIENCES *et Observations sur le Pechstein de Newry et ses produits, et sur la Formation de la pierre-ponce.*

PAR Mr G. KNOX.

(Extrait des *Trans. philos.* de 1822.)

LE minéral dont il va être question est remarquable par son gisement, et par une substance huileuse qu'il renferme et qui lui communique une odeur et une saveur particulières. Le D[r] Fitton en a donné une très-bonne description dans le premier volume des *Transactions de la Société géologique*; mais l'odeur de ce minéral et sa saveur paraissent lui avoir échappé (1).

Les divers échantillons que je m'en suis procurés étaient compactes, ou schisteux à petits feuillets, ou désagrégés; mais tous ont les caractères suivans :

Densité, 2,31; cassure à petites écailles; fragmens anguleux indéterminés, mais plutôt rhomboïdaux et à bords aigus; surface unie et brillante; toucher onctueux; éclat résineux; demi-durs, les bords aigus rayant le verre; raclure et poussière d'un gris blanchâtre, passant au gris verdâtre; odeur *huileuse*. Au chalumeau, fusion sans addition en un verre d'un vert de poireau pâle. Dans quelques places, le minéral est porphyrique, contenant empâtés de petits cristaux de feldspath et de quartz. La couleur des échantillons les plus porphyriques est le vert de poireau; celle de tous les autres est le vert olive passant au vert d'huile.

---

(1) *Voyez* aussi *Journ. des Mines.* XXXIV. 370.

Quoique le caractère particulier de cette variété de pechstein soit son odeur, elle diffère encore de toutes les autres, y compris même celle de l'île d'Arran, par le degré avec lequel elle est disposée à se diviser en lames minces, par sa propension à se désagréger, et par la régularité de ses fragmens rhomboïdaux. Telle est sa disposition à se désagréger, qu'un morceau de ce minéral à-peu-près compacte s'est réduit en quelques jours, sur la table d'un laboratoire échauffé, en larges fragmens rhomboïdaux.

Ce minéral forme, suivant le Dr Fitton, un filon de 2 pieds $\frac{1}{4}$ à 2 pieds $\frac{1}{2}$, dans un granite gris, près de *Newry* (*county Down*). Dans les endroits du contact, le granite et le pechstein n'ont point de cohérence; le dernier est presque aussi tendre que l'argile; mais il acquiert de plus en plus de la dureté en approchant du centre du filon. Celui-ci est schisteux, et les feuillets sont perpendiculaires à l'horizon et aux murailles du filon.

M. Jameson a aussi décrit un filon de pechstein courant dans le granite, qu'il a observé lui-même dans l'île d'Arran; et il dit que ce n'est que dans le pechstein de cette île qu'on a trouvé jusqu'à présent des concrétions bien distinctement lamelleuses.

Le granite dans lequel on rencontre le pechstein de Newry est tendre; il contient beaucoup de feldspath et est disposé à se changer, par la décomposition, en lithomarge. A une centaine de toises, il est aussi traversé par un filon de basalte à-peu-près parallèle à celui de pechstein. Ce basalte se décompose très-promptement au contact de l'air et de l'humidité; il renferme des boules sphéroïdales, à couches concentriques, peu cohérentes, et

une quantité considérable de stilbite compacte, tirant au fibreux, et d'une structure schisteuse.

Un morceau de pechstein de Newry de l'espèce compacte, exposé à une chaleur rouge dans un creuset ouvert, a perdu 7,75 pour cent. A une chaleur blanche, dans un creuset de platine, la perte s'est élevée à 10 pour cent. En faisant la calcination dans une petite retorte de verre lutée et munie d'un récipient, on a obtenu 7,27 pour cent d'un liquide incolore qui avait une odeur légèrement bitumineuse. La même pierre, réduite en poudre fine, scintille un peu quand on la projette sur du nitre en fusion.

Pour faire l'analyse du minéral, j'ai suivi le procédé de Klaproth dans celle du pechstein de Meissen. La variété compacte ayant été épuisée dans des essais préliminaires, j'ai analysé la variété qui s'en rapprochait le plus, et que je désigne par le nom de *pechstein compacte schisteux*.

Analyse du pechstein de Meissen, par Klaproth.		Analyse du pechstein compacte schisteux de Newry.	
Silice	73,00.		72,80
Alumine	14,50.		11,50
Chaux	1,00.		1,12
Oxide de fer	1,00.		3,03
Oxide de manganèse.	0,10.		0,00
Soude	1,75.		2,86
Eau	8,50.	Eau et bitume,	8,50
	99,85.		99,81.

La silice, l'alumine, la chaux et l'oxide de fer ont été obtenus par les procédés connus. Pour obtenir la soude,

on a fait bouillir le minéral, réduit en poudre impalpable, avec de l'acide nitrique; en faisant évaporer à siccité et traitant par l'alcool, on a séparé le nitrate de chaux; le résidu, qui était un mélange de nitrate de soude et de peroxide de fer, a été décomposé par l'eau, qui a pris en dissolution le nitrate de soude. On peut de même obtenir la soude en traitant le minéral par l'acide hydrochlorique.

La partie bitumineuse méritant une attention particulière, on a fait les expériences suivantes :

Jugeant, d'après son apparence, que le pechstein de Newry à feuillets minces et d'un vert de poireau sombre contenait le bitume en plus forte proportion, j'en ai mis, après l'avoir réduit en poudre grossière, dans un tube de fer fermé par un bout, et portant à l'autre un tube de verre auquel était soufflée une ampoule pour retenir les produits liquides et qui plongeait dans le mercure. En chauffant, j'ai obtenu une grande quantité de fluides élastiques; et lorsque la chaleur a été portée au rouge, il a passé dans l'ampoule un liquide qui était évidemment de l'eau. A une chaleur plus élevée, il s'est dégagé un autre liquide légèrement coloré et huileux qui s'est rassemblé sur l'eau.

Les fluides élastiques étaient un mélange d'acide carbonique, d'hydrogène et d'hydrogène carboné.

Le liquide obtenu s'élevait à 7,81 pour cent du poids du minéral.

La matière huileuse avait l'odeur du tabac, ou plus exactement celle d'une pipe à tabac qui a servi long-temps; elle brûlait avec une flamme semblable à celle du naphte, en répandant la même odeur que le pétrole

que j'avais recueilli moi-même au Puy-de-la-Poix, près de Clermont en Auvergne.

L'eau qui accompagnait la matière huileuse n'était ni acide ni alcaline.

La masse qui était restée dans le tube de fer en avait pris la forme ; elle avait une couleur d'un gris de cendre pâle ; elle était poreuse, à demi vitrifiée et un peu cohérente ; elle ressemblait à de la ponce grossière, et surnageait sur l'eau.

Mais m'étant aperçu que le fer décomposait l'eau et en partie le bitume, j'ai refait l'expérience dans une cornue de verre lutée. J'ai d'abord chauffé le minéral dans le tube de fer à la chaleur d'un rouge sombre, dans l'intention d'en dégager l'eau, parce que j'avais reconnu que ce degré de chaleur n'était pas suffisant pour en séparer la matière bitumineuse. Après cette première calcination, le minéral transporté dans la cornue de verre et chauffé au blanc n'a donné aucun gaz, et le liquide du récipient était du bitume pur ; il pesait 2,83 pour cent, avait une couleur jaune de vin blanc, et avait la même odeur que le bitume obtenu dans l'expérience précédente. Le résidu avait également l'apparence de la pierre ponce.

Divers autres échantillons du pechstein de Newry ont donné des résultats analogues.

Le pechstein de Meissen, le même échantillon qui avait été analysé par Klaproth, m'a également fourni un peu de bitume ; mais il était plus volatil que ceux que j'avais obtenus des pechsteins de Newry.

Le pechstein de l'île d'Arran perd 5 pour cent par la calcination dans un creuset de platine. En opérant dans

une retorte de verre, il se dégage d'abord de l'eau pure, et, lorsque la chaleur est plus élevée, elle est accompagnée d'une substance huileuse; mais la cornue se fond ordinairement avant que cette dernière ait pu se dégager en totalité.

La matière bitumineuse que l'on obtient de ces divers minéraux paraît être formée de deux substances inflammables, dont l'une serait plus volatile que l'autre, mais ne se dégageant toutes les deux qu'à une chaleur très-voisine du blanc. Je suppose qu'elle est en combinaison avec le fer; car elle paraît en général accompagner ses dissolutions, et modifier sa couleur et sa vertu magnétique. La propriété qu'elle a de ne se dégager qu'après l'eau permet de déterminer la proportion dans laquelle elle existe dans le pechstein; mais elle varie considérablement dans divers échantillons de la même veine. Les plus riches en contiennent environ 3 centièmes. Je me propose d'en faire un examen plus approfondi, et je ne serais point surpris, d'après son odeur et sa séparation de l'eau par évaporation, d'y trouver de la *nicotine* en combinaison avec le naphte.

Les résidus de la calcination des diverses variétés de pechsteins, lorsque la chaleur a été convenable, sont des ponces parfaites; ils en ont la couleur, la légèreté et les propriétés magnétiques; et des artistes à qui je les ai présentés n'ont pu les en distinguer.

Il paraît que, pour convertir un minéral en ponce, il faut qu'il contienne une substance volatile qui ne se dégage qu'au degré de chaleur nécessaire pour produire cette espèce de demi-vitrification qui lui donne de la

cohérence, de la dureté et de la porosité. S'il ne contient que de l'eau, elle se volatilise avant le ramollissement du minéral, et on n'obtient point de ponce. L'eau ne se dégage-t-elle qu'à une chaleur rouge, vous avez une masse plus dure, mais incohérente : augmentez la chaleur, et vous avez, comme dans le cas de l'alumine, une substance plus compacte et plus dense, et enfin vous avez un verre si les ingrédiens du minéral favorisent sa vitrification.

Tous les pechsteins et la ponce soit naturelle, soit artificielle, dérangent l'aiguille aimantée de sa direction.

Les ponces, aussi-bien les naturelles que les artificielles, sont attirées par l'aimant lorsqu'elles sont en poudre ; mais il n'en est pas de même des pechsteins. En général, les ponces sont beaucoup plus magnétiques que les pechsteins.

Parmi ces derniers, celui de Newry est remarquable par le bitume qu'il contient, et qu'on y trouve en plus grande quantité que dans aucun autre examiné jusqu'à présent. Il est probable que c'est à cette matière qu'il doit son odeur, son tissu schisteux et sa disposition à se désaggréger. Il ressemble au pechstein de Meissen par la nature de ses ingrédiens ; mais les deux minéraux diffèrent un peu par la proportion de ces mêmes ingrédiens, et particulièrement par celle de la matière bitumineuse.

Le pechstein d'Arran paraît aussi contenir du bitume ; mais je n'ai point encore une opinion arrêtée sur cet objet.

J'ai commencé une série d'expériences sur le grunstein, le basalte et l'obsidienne; mais obligé de les discontinuer, j'en ferai connaître plus tard les résultats.

NOTE *sur les Combinaisons de l'acide chromique avec la potasse.*

Par Mr F. TASSAERT fils.

DEPUIS long-temps je désirais faire une étude particulière des chromates : leur histoire, si peu complète dans les livres élémentaires, me faisait penser que l'attention des chimistes, dirigée toute entière sur le chrôme, l'acide chrômique et quelques chromates métalliques, avait passé un peu rapidement sur les propriétés des autres sels formés par cet acide, et de là j'avais conçu l'idée d'ajouter quelque chose à leur histoire, lorsque dernièrement l'occasion s'en présenta : j'avais à ma disposition, dans le laboratoire de M. Vauquelin, une assez grande quantité de chromate de fer tiré des environs de Toulon; je le convertis en chromate de potasse au moyen du nitre, et c'est après ce travail que j'observai les faits suivans :

La dissolution du chromate de potasse ainsi obtenu était très-alcaline et contenait, en proportion assez considérable, l'alumine et la silice venant de la stéatite qui sert de gangue au chromate de fer; j'y versai de l'acide nitrique de manière à approcher le plus près possible du point de saturation : à mesure qu'il

avançait, l'alumine se précipitait en flocons gélatineux et colorés en jaune citron. Cette précipitation dura jusqu'au moment où les liqueurs furent neutres : alors on lava ce précipité à plusieurs reprises, et quoiqu'il ne se décolorât qu'avec peine, on l'obtint cependant d'un blanc très-pur; essayé au chalumeau avec du borax, il ne donna aucunes traces de la présence de l'acide chromique.

Pendant cette saturation, la dissolution de chromate de potasse changea visiblement de couleur : à mesure que l'acide nitrique employé la dépouillait de l'alcali en excès, sa belle teinte jaune tournait vers le rouge; enfin, après la saturation, elle était d'un beau rouge.

Je m'assurai le plus exactement possible de la neutralité de cette liqueur; après quoi je la fis évaporer dans une capsule de porcelaine jusqu'à son point de cristallisation : douze heures après, je trouvai qu'elle avait déposé confusément un sel cristallisé, en conservant sa teinte rouge foncée.

Je décantai l'eau-mère et je mis le sel à égoutter : elle ramenait de suite au bleu le papier rouge, et était devenue d'une alcalinité très-forte, de neutre que la dissolution était primitivement. Je notai ce premier changement qui me parut singulier, et je passai à l'examen des sels cristallisés.

Leurs couches n'étaient point uniformes; on y reconnaissait distinctement deux sortes de cristaux : les uns, à la partie supérieure du dépôt, d'une couleur jaune très-claire, cristallisés très-régulièrement en prismes quadrangulaires légèrement striés, terminés en pyramides ou en biseaux, m'offrirent, au chalumeau et sur les char-

bons ardens, tous les caractères du nitre : ce sel provenait de la saturation des lessives du chromate de fer par l'acide nitrique.

Les autres, qui formaient les couches inférieures du dépôt, n'affectaient point de formes régulières ; ils se présentaient en paillettes brillantes d'un jaune rougeâtre : lavés à l'eau distillée et pressés entre des doubles de papier joseph, ils donnèrent une dissolution très-acide ; calcinés dans un petit creuset de platine, ils se fondent à la première impression du feu, deviennent noirâtres, et prennent en se refroidissant une teinte rouge vive. A une chaleur plus élevée, il commence à s'en dégager des bulles dont le nombre augmente toujours jusqu'à ce que le creuset soit au rouge blanc. Si l'on interrompt la chauffe, on remarque que la matière devient de moins en moins fusible ; et si alors on verse de l'eau dans le creuset, une partie du sel se dissout et colore l'eau en jaune orangé, en lui communiquant encore des propriétés acides, tandis qu'au fond de la liqueur il reste une poudre verte très-fine, qui colore le borax en vert : c'est donc de l'oxide de chrôme, et le sel un chromate acide, seulement en partie décomposé par le feu.

Surpris de ces résultats, je crus, dans une première expérience, devoir en attribuer la cause à la difficulté de reconnaître, par les papiers réactifs, la neutralité exacte d'une liqueur colorée par elle-même ; cependant l'alcalinité très-prononcée des eaux-mères et l'acidité du sel cristallisé au sein de ce liquide me paraissant difficiles à expliquer, je tentai de nouveaux essais ; j'apportai toute mon attention à bien neutraliser les liqueurs, je les soumis à une évaporation ménagée, et constamment le

même phénomène s'est reproduit. Constamment, lorsque je me servais de dissolutions assez chargées, leur couleur jaune-citrine passait au rouge long-temps avant la saturation de l'alcali, et cette teinte allait toujours en augmentant. Lorsque les liqueurs alcalines étaient concentrées, il se précipitait, dès les premières additions d'acide, un sel jaune-orangé en paillettes brillantes, qui jouissait de toutes les propriétés du chromate acide de potasse décrit dans la première expérience; mais lorsque les liqueurs étaient assez étendues pour retenir ce sel en dissolution, en les évaporant convenablement, on l'obtenait cristallisé en écailles rouges brillantes.

Tous ces faits ont été confirmés par un grand nombre d'expériences.

Il est digne de remarque que le chromate de potasse neutre ne puisse prendre naissance dans une dissolution de chromate neutre : toutes les fois qu'on a tenté l'expérience, on n'a pu obtenir que du chromate acide. Quelle peut donc être la cause de ce singulier changement, si ce n'est la grande tendance que le chromate de potasse éprouve à passer de l'état de chromate neutre à celui de chromate acide et de sous-chromate, et à se précipiter ensuite sous la forme décrite plus haut? Ceci donne l'explication de l'alcalinité constante des eaux-mères provenant de la concentration d'une liqueur d'abord neutre : en effet, tant que les liqueurs sont étendues, elles conservent toute leur neutralité; mais dès que par une évaporation convenable elles ont atteint leur point de cristallisation, l'équilibre est rompu et la liqueur renferme deux sels distincts. Ainsi tout porte à croire que, dans cette opération, le sel se divise en deux par-

ties : la première se constitue en sel acide aux dépens d'une portion de l'acide chromique de la seconde, tandis que cette dernière est par là même réduite en sel avec excès de base.

Examen des eaux-mères alcalines.

Lorsque je fus certain qu'une dissolution neutre de chromate de potasse ne pouvait par évaporation fournir des cristaux de sel neutre, je continuai de faire concentrer les eaux-mères décantées de dessus les sels acides : on se rappelle qu'elles étaient fortement alcalines. Concentrées à une douce chaleur, elles fournirent un nouveau sel après vingt-quatre heures de repos. Vu au milieu de son eau-mère, il se présente sous la forme de légers feuillets dans le genre de ceux de l'acide borique cristallisé, mais d'une couleur jaune on ne peut plus agréable et plus vive. En décantant avec soin les liqueurs, on peut jouir de toute la beauté de leur nuance dorée, qui se conserve après leur entière dessiccation. Ils sont d'une grande fragilité ; on les trouve toujours cristallisés sur les sommets des prismes du nitre resté dans les eaux-mères : ils sont très-solubles dans l'eau, qu'ils colorent en jaune foncé, et à laquelle ils donnent des propriétés acides. Calcinés dans un petit creuset de platine, ils se fondent en un liquide rouge foncé qui reprend sa couleur par le refroidissement et donne encore une dissolution acide; cependant ils abandonnent toujours un peu d'oxide de chrôme dans cette opération : ces cristaux ne sont donc autre chose que le chromate acide de potasse cristallisé plus régulièrement.

Les eaux-mères, ayant été évaporées une seconde fois, ne donnèrent plus qu'une petite quantité du même sel; immédiatement après elles perdirent leur nuance rouge-orangée, prirent la couleur jaune-citron du chromate de potasse du commerce, et donnèrent un sel avec excès d'alcali, cristallisé en petits prismes rhomboïdaux, dans lequel l'alcali est intimement combiné; car des lavages et des cristallisations répétées ne purent le priver de ses propriétés alcalines. Ces eaux-mères, épuisées par de nouvelles cristallisations, fournirent toujours le même sel alcalin.

D'après tout ce qui précède, il paraît qu'une dissolution neutre de chromate de potasse, évaporée à son point de cristallisation, commence par donner du chromate acide et des eaux-mères très-alcalines; que quand la plus grande partie de ce sel acide a été ainsi séparée par voie de cristallisation, la petite quantité qui s'en trouve encore dans les liqueurs peut affecter alors une forme cristalline plus belle et plus régulière; qu'immédiatement après la séparation de ce dernier sel, l'alcali prédomine assez dans la liqueur pour changer sa teinte en jaune citron et donner naissance à un sel alcalin qui se produit ensuite jusqu'à l'entier épuisement des eaux-mères.

Comme je n'avais pu réussir à préparer du chromate de potasse neutre en faisant cristalliser une dissolution neutre de ce sel, je crus y parvenir en versant dans les dissolutions un excès d'alcali, dans le dessein de prévenir la formation simultanée du sel acide et du sel alcalin : je n'ajoutai d'abord qu'une petite dose de potasse, et je fis évaporer de manière à obtenir une assez

grande quantité de cristaux; mais, à l'examen que j'en fis, je reconnus qu'ils étaient formés d'un mélange de chromate de potasse acide cristallisé en petits prismes rouges, et d'un sel jaune-citron, lequel, bien égoutté, dissous dans l'eau, mis à cristalliser une seconde fois, lavé ensuite et bien pressé entre des doubles de papier joseph, donna une dissolution d'une alcalinité très-marquée.

Je recommençai de nouveau l'expérience en ajoutant une plus forte dose d'alcali, afin de ne plus avoir de sels acides; par l'évaporation, j'obtins un sel cristallisé très-régulièrement en prismes rhomboïdaux, sans pyramides au sommet : c'est sur ce sel que je fis toutes mes expériences. Deux onces environ, bien égouttées et desséchées, furent dissoutes et mises à cristalliser jusqu'à cinq fois de suite, en ayant l'attention, avant chaque nouvelle cristallisation, de bien laver les cristaux, et de les presser entre des doubles de papier joseph jusqu'à ce qu'ils ne l'humectassent plus. Malgré ces cristallisations répétées et la petite quantité de sel à laquelle je réduisis mes deux onces, les derniers cristaux que j'obtins étaient d'une alcalinité aussi forte que les premiers.

Il était facile sans doute de prévoir ce résultat, puisqu'une dissolution de chromate de potasse donne en dernier lieu un sel alcalin; mais il fallait savoir si, dans la dissolution neutre épuisée de sel acide par voie de cristallisation, il ne se trouvait pas dans les eaux-mères un excès d'alcali tel qu'il pût s'opposer à la formation du chromate neutre de potasse et ne produire qu'un sel alcalin. C'est dans l'intention de m'assurer de ce fait que je versai différentes doses d'alcali dans des

dissolutions neutres de chromate de potasse, que je soumis ensuite à l'évaporation ; toutes me donnèrent pour produit constant un sel alcalin, du sous-chromate de potasse.

Il est donc certain qu'une dissolution soit neutre, soit alcaline de chromate de potasse ne peut donner de cristaux de sel neutre, et que ce sel n'existe qu'en dissolution : en effet, le sel connu dans le commerce sous le nom de *chromate neutre de potasse* est un sous-sel ; car des lavages et des cristallisations successives ne lui enlèvent pas la propriété de ramener au bleu le papier rouge de tournesol.

En cherchant ainsi à former le chromate de potasse neutre, je vis que lorsqu'on employait une dissolution de chromate contenant du nitre, même en petite quantité, on pouvait le séparer assez facilement en ajoutant à ces liqueurs un excès d'alcali. En les faisant ensuite concentrer, tout le nitre cristallise en prismes bien formés et n'entraîne avec lui qu'une très-petite quantité de chromate ; tandis que si l'on sature d'abord la dissolution du chromate de manière à la rendre neutre, et qu'on l'évapore ensuite, comme le sel qui se forme et le nitre ont à-peu-près le même degré de solubilité, ils se précipitent ensemble et ne peuvent être séparés. Ici, le contraire a lieu lorsque le chromate neutre est converti en sous-sel : il devient beaucoup plus soluble et laisse précipiter le nitre en premier.

Cette différence de solubilité du chromate acide et du sous-chromate de potasse est très-marquée ; c'est elle qui fait que, si, dans une dissolution saturée ou presque saturée de chromate alcalin, on verse quelques gouttes

d'acide, il se forme de suite un dépôt abondant de chromate acide.

Cependant, pour obtenir un chromate de potasse entièrement privé de nitre, il faut avoir recours au moyen suivant : on fait fondre dans un creuset d'argent ce sel desséché, et l'on y projette du charbon en poudre à petites doses jusqu'à ce qu'il ne se manifeste plus de déflagration vive : on est averti de l'entière décomposition du nitre lorsque la matière, qui d'abord éprouve une fusion très-facile et brûle le charbon avec énergie en se gonflant très-rapidement, devient pâteuse et ne présente plus de vive combustion ; bientôt après elle se couvre sur les bords d'une couche d'oxide vert de chrôme ; alors on doit arrêter l'opération, et en versant de l'eau dans le creuset, on obtient une liqueur alcaline et un petit dépôt d'oxide de chrôme, mais qui est très-peu considérable ; car, dans une expérience où toute la matière fondue était d'un vert foncé, je ne trouvai pas plus de 0,05 de gr. d'oxide sur 10 gr. de sel employé.

Lorsqu'au lieu d'acide nitrique on se sert, pour saturer la dissolution alcaline du chromate, d'acide acétique pur, les mêmes effets ont lieu, c'est-à-dire qu'il se précipite un sel acide et qu'il reste une liqueur alcaline : mais en outre l'acide acétique réagit sur le sel de manière à former une petite quantité d'acétate de chrôme, et voici comment je m'en suis aperçu : après avoir traité du chromate de potasse alcalin, purifié de nitre, par l'acide acétique, j'évaporai à siccité, et je repris le sel par l'alcool à 38° pour dissoudre l'acétate de potasse ; mais comme il s'était dissous un peu de chromate, j'évaporai de nouveau à siccité : sur la fin de l'évapo-

ration, j'obtins une liqueur sirupeuse d'un vert très-foncé, qui laissait dégager un peu d'acide acétique; je desséchai la masse et je la traitai par de l'alcool plus concentré qui, après s'être chargé de toute la partie verte, laissa un chromate de potasse alcalin : le sel dissous, évaporé à siccité et calciné avec du borax, le colorait fortement en vert.

Il paraît donc que l'acide acétique et le chromate acide de potasse réagissent l'un sur l'autre de telle sorte qu'une partie de l'acide chromique est réduite à l'état d'oxide de chrôme, tandis que le reste du chromate de potasse, passant à l'état de sous-sel, se trouve garanti de l'action de l'acide acétique par l'excès de son alcali.

En faisant un dernier résumé des différentes expériences décrites précédemment, je crois pouvoir conclure :

1°. Qu'il n'existe point de chromate neutre de potasse à l'état solide;

2°. Que celui que l'on regardait comme tel est un sel avec excès de base, un sous-chromate;

3°. Que l'acide chromique se rapproche en ce point des acides de l'arsenic et du phosphore, dont les combinaisons avec les alcalis ne peuvent, suivant MM. Thenard et Berzelius, donner lieu qu'à des sous-sels ou à des sels acides à l'état cristallisé.

Je ne puis mieux terminer cette petite note qu'en donnant, avec l'analyse comparée du chromate acide et du sous-chromate, le procédé qui m'a paru le plus simple, et auquel j'ai donné tous mes soins.

1°. On commençait par dessécher les sels soumis à

l'analyse pendant trois à quatre jours à une température de 50 à 60°, après les avoir réduits en poudre fine.

2°. On faisait de chacun une dissolution aqueuse que l'on précipitait par l'acétate neutre de baryte jusqu'à l'entière décoloration des liqueurs. Pour ne dissoudre aucunes traces de chromate de baryte, on lavait ce précipité avec parties égales d'eau et d'alcool à 38°, bouillant, jusqu'à ce que les lavages ne donnassent plus, par l'acide sulfurique, de traces de l'acétate de baryte ajouté en excès.

3°. Le chromate de baryte ainsi lavé était recueilli sur un filtre, séché et calciné au rouge naissant; on le pesait ensuite, et l'on calculait sa composition d'après les analyses qui en ont déjà été données.

4°. D'un autre côté, pour obtenir la quantité de potasse unie dans le chromate à l'acide chromique, on reprenait les liqueurs surnageant le précipité de chromate de baryte du n° 2; on les privait entièrement de baryte par l'acide sulfurique en excès; on calcinait au rouge le sulfate de potasse ainsi formé, et de son analyse on concluait la quantité de potasse qui était combinée à l'acide chromique.

J'ai trouvé, par ces moyens, que le chromate acide qui se forme naturellement dans une solution neutre est composé de

Acide chromique,	67.40;
Potasse,	32.60;

tandis que le sel alcalin était formé de

Acide chromique,	52.00;
Potasse,	48.00.

Nota. Le chromate de baryte commence à se dissoudre dans l'eau au moment où on lui enlève tout l'acétate de baryte qu'il contient mélangé : alors il se dissout en assez grande quantité pour colorer les liqueurs filtrées en jaune : une seule goutte d'acétate de baryte mêlée aux eaux de lavage fait cesser cette dissolution et trouble les liqueurs filtrées.

L'eau alcoolisée prévient également cette dissolution.

ANALYSES *de différentes Pierres à chaux.*

PAR Mr P. BERTHIER,
Ingénieur au Corps royal des Mines.

LE travail de M. Vicat sur la chaux et sur les mortiers doit être placé au rang des plus beaux ouvrages qui soient dus aux membres du Corps des ponts et chaussées. Sa découverte relative à la fabrication des chaux hydrauliques artificielles est de la plus haute importance : le Gouvernement s'est empressé d'en tirer parti pour les constructions publiques, et déjà beaucoup de particuliers se préparent à l'imiter. En rendant sa découverte publique, M. Vicat a agi d'autant plus noblement, qu'il aurait pu en tirer un profit considérable, soit en la vendant, soit en s'en réservant l'exploitation au moyen d'un brévet d'invention.

M. Vicat et M. John se sont occupés de deux sujèts distincts; savoir: de la chaux et des mortiers. Relativement à la chaux, ces deux savans sont parfaitement d'accord; mais ils conviennent l'un et l'autre que la composition des chaux hydrauliques est variable, et que la question de savoir en quoi diffèrent les propriétés des chaux dont les principes ne sont pas identiques n'est pas encore résolue. Il est évident que l'on parviendra à resoudre cette question, soit en déterminant la composition d'un grand nombre de chaux dont les propriétés soient bien connues, soit en examinant les propriétés de diverses chaux préparées par synthèse. Je crois donc faire une chose utile en publiant les analyses et les essais que j'ai pu faire à ce sujet.

La théorie des mortiers n'est pas, à beaucoup près, aussi avancée que la théorie des chaux. M. John et M. Vicat n'ont pas la même manière de voir à cet égard; je discuterai leurs opinions à la fin de cet article. Il est bien à désirer que M. Vicat donne suite aux recherches qu'il a si bien commencées; personne n'est plus capable que cet habile ingénieur d'approfondir ce sujet, qui ne laisse pas de présenter des difficultés.

Calcaires donnant de la chaux non hydraulique.

	CHAUX GRASSES.						CHAUX MAIGRES.	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Carbonate de chaux.	0,970	0,965	0,985	0,950	0,940	0,872	0,745	0,609
Carb. de magnésie.	0,020	0,020	....	0,013	0,016	0,100	0,230	0,303
Carbonate de fer...	....	....	....	0,015	....	....	....	0,030
Carb. de manganèse.	....	....	....	....	....	....	....	0,060
Arg. (silice, alum., oxide de fer)	0,010	0,015	0,015	0,022	0,039	0,028	0,012	....
	1,000	1,000	1,000	1,000	0,995	1,000	0,987	1,002
	Chaux produites par les calcaires ci-dessus.							
Chaux	0,964	0,954	0,972	0,935	0,916	0,860	0,780	0,600
Magnésie.........	0,018	0,018	....	0,010	0,015	0,090	0,200	0,262
Argile	0,018	0,028	0,028	0,040	0,069	0,050	0,020	....
Oxide de fer, etc...	....	....	....	0,015	....	....	....	0,138

(1) Calcaire d'eau douce de Château-Landon, près Nemours (Seine-et-Marne); compacte, jaunâtre, un peu cellulaire, sonore. Donne de la chaux très-grasse.

(2) Calcaire de Saint-Jacques; compacte, jaunâtre, un peu saccaroïde; il fait la base des montagnes du Jura; il donne une chaux très-grasse, qui ne fait prise que très-lentement.

(3) Calcaire grossier de Paris. Donne de la chaux très-grasse.

(4) Calcaire qui forme le toit de la mine de fer de la Voulte (Ardèche); compacte, blanc-jaunâtre, renferme

des coquilles qui prouvent qu'il est d'une formation contemporaine au calcaire du Jura. Pesanteur spécifique : 2,67. Donne de très-bonne chaux grasse.

(5) Calcaire de Lagneux (Ain); compacte, d'un gris jaunâtre peu foncé. Il donne de la chaux grasse, qui est très-employée à Lyon.

(6) Calcaire d'eau douce de Vichy (Allier); compacte, cellulaire, blanc-jaunâtre. Donne de très-bonne chaux, mais médiocrement grasse.

(7) Calcaire des environs de Paris, et qui paraît appartenir à la formation d'eau douce; compacte, jaunâtre : il a été remis au laboratoire de l'Ecole des Mines par M. Girard, ingénieur en chef des ponts et chaussées, comme donnant de la chaux maigre, mais non hydraulique.

(8) Calcaire secondaire de Villefranche (Aveyron); lamellaire, de couleur ocracée. La chaux qu'on en a obtenue dans une expérience en petit s'est trouvée très-maigre, sans être hydraulique.

On voit, d'après ce tableau, 1°. que les pierres calcaires qui sont à-peu-près pures produisent toujours de la chaux grasse, ainsi que l'ont annoncé M. Vicat et M. John, et 2°. que les pierres calcaires très-mélangées, mais qui ne renferment pas d'argile, produisent de la chaux maigre, mais non hydraulique.

Calcaires donnant de la chaux hydraulique.

	MOYENNEMENT HYDRAULIQUES.					TRÈS-HYDRAULIQUES.				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Carbonate de chaux..	0,900	0,858	0,892	0,890	0,890	0,825	....	0,792	0,765	0,80
Carb. de magnésie..	0,050	0,004	0,030	0,020	0,020	0,041	....	0,025	0,030	0,01
Carb. de fer	....	0,062	....	....	....	....	....	0,060	0,030	....
Carb. de manganèse.	....	....	....	....	....	....	....	....	0,015	....
Argile { silice	....	....	....	....	....	....	....	0,065	0,116	0,17
Argile { alumine...	0,050	0,054	0,078	0,090	0,090	0,134	....	0,038	0,036	0,01
Argile { oxid. de fer.	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
Argile { charbon...	....	0,022	....	....	....	....	....	0,020	....	....
Eau............	....	....	....	....	....	....	....	....	....	0,01
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	....	1,000	0,992	1,00
	Chaux produites par les calcaires ci-dessus.									
Chaux	0,870	0,830	0,840	0,820	0,820	0,745	0,688	0,740	0,683	0,70
Magnésie.........	0,040	....	0,025	0,015	0,015	0,035	0,06	0,020	0,020	0,01
Argile	0,090	0,070	0,135	0,165	0,165	0,220	0,252	0,170	0,240	0,29
Oxide de fer, etc...	....	0,100	....	....	....	....	....	0,070	0,057	....

(1) Calcaire de Vougy (Loire), entre Roanne et Chaulieu; sublamellaire, jaunâtre, rempli d'ammonites et d'autres coquilles. Donne de très-bonne chaux qui prend dans l'eau.

(2) Calcaire de Saint-Germain (Ain); compacte, d'un gris foncé, veiné de calcaire blanc, lamellaire, et pénétré de griphites, etc. On emploie à Lyon la chaux qu'il produit, toutes les fois que l'on construit dans l'eau.

(3) Calcaire de Chaunay, près Mâcon; compacte, à grains fins, blanc-jaunâtre : il est de formation secondaire; on l'emploie à la fabrication de la chaux : cette chaux est hydraulique.

(4) Calcaire de Digna (Jura); compacte, pénétré de lamelles de calcaire, et empâtant un grand nombre de griphites, d'un gris très-foncé. Il produit de la chaux qui fait une bonne prise, et qui peut être considérée comme chaux hydraulique.

(5) Calcaire qui accompagne le précédent, et qui jouit des mêmes propriétés; compacte, à grains presque terreux, d'un gris clair.

(6) Calcaire secondaire de Nismes (Gard); compacte, gris-jaunâtre. Donne une chaux hydraulique qui passe dans le pays pour être d'excellente qualité.

(7) Chaux de Lezoux (Puy-de-Dôme); fabriquée avec un calcaire d'eau douce marneux; on la dit excellente. On a coutume de l'éteindre en la laissant exposée en tas à l'air, après l'avoir humectée. Elle produit une gelée abondante avec les acides.

(8) Calcaire compacte, dont la localité est inconnue. Donne de très-bonne chaux hydraulique.

(9) Calcaire secondaire de Metz (Moselle); compacte, à grains presque terreux, d'un gris bleuâtre, plus ou moins foncé. La chaux qu'il produit est connue pour être hydraulique. Cette chaux, telle qu'on la prépare en grand, laisse dans les acides un résidu du poids de 0,05 au plus, et qui n'est autre chose que de la silice gélatineuse.

(10) Calcaire marneux de Senonches, près Dreux (Eure-et-Loir); compacte, très-tendre, s'écrase entre

les doigts, absorbe l'eau très-rapidement; il se délaie dans ce liquide presque comme une argile, mais il ne tombe pas en poussière lorsqu'on le calcine. Cette pierre présente quelque chose de particulier : elle n'est pas, comme les autres calcaires qui ont la cassure terreuse, un mélange de chaux carbonatée et d'argile; elle laisse dans les acides un résidu farineux, doux au toucher, qui ne contient qu'une trace d'alumine, qui se dissout dans la potasse caustique liquide, même à froid, et qui se comporte en tout comme de la silice que l'on aurait séparée d'une combinaison; cependant il est certain que cette substance n'est, dans la pierre de Senonches, qu'à l'état de simple mélange, car, en opérant avec le plus grand soin, on trouve, par l'analyse, que la proportion de l'acide carbonique est justement celle qui convient à la saturation de la chaux. J'ai déjà rencontré de la silice soluble dans les alcalis, quoique hors de toute combinaison, dans quelques variétés de magnésie carbonatée; mais je n'en avais jamais trouvé dans les pierres calcaires.

La chaux de Senonches est très-renommée : on l'emploie beaucoup à Paris; elle prend plus promptement, et elle acquiert plus de dureté que la chaux de Metz. Elle se dissout dans les acides sans laisser le moindre résidu.

(11) Mélange de quatre parties de craie de Meudon et d'une partie d'argile de Passy (en volume), que M. de Saint-Léger emploie pour faire de la chaux hydraulique artificielle, dans la fabrique qu'il a établie auprès du pont de l'Ecole militaire. Le Gouvernement n'emploie maintenant que la chaux de M. de Saint-Léger dans les

constructions publiques de Paris : on en a fait cette année une consommation immense pour le canal de Saint-Martin; on l'a jugée supérieure à la chaux de Senonches : je me suis également convaincu de cette supériorité par des essais en petit; j'ai toujours trouvé qu'au bout d'un certain temps la chaux de M. Saint-Léger devenait très-sensiblement plus dure que la chaux de Senonches. Elle se dissout complètement dans les acides comme cette dernière. Elle foisonne des 0,65 de son volume par l'extinction ordinaire, lorsqu'on en sépare avec soin les morceaux qui échappent à la calcination.

M. de Saint-Léger se propose d'agrandir sa fabrique de manière à pouvoir fournir incessamment à tous les besoins des consommateurs. Je ne doute pas que l'usage de sa chaux ne devienne bientôt général à Paris pour toutes les constructions qui exigent de la chaux hydraulique, d'autant qu'il ne la vend que 60 francs le mètre cube, tandis que la chaux de Senonches revient à 85 (1).

En 1796, MM. Parker et Wyatts obtinrent une patente royale pour fabriquer à Londres une espèce particulière de chaux, qu'ils appelèrent alors *ciment aquatique*, et à laquelle ils ont donné dans la suite le nom de *ciment ro-*

---

(1) M. Giraut, architecte de Nemours, est le premier qui ait fabriqué de la chaux hydraulique factice avec un mélange de craie et d'argile, d'après l'indication donnée par M. Vicat dans son ouvrage; mais M. de Saint-Léger a considérablement perfectionné et simplifié le procédé : il est parvenu à vaincre toutes les difficultés qui se sont présentées, et il peut s'attribuer à juste titre le mérite d'avoir amené cet art nouveau à sa perfection.

main. Leur entreprise a eu le plus grand succès, et il s'en est formé plusieurs autres du même genre qui prospèrent également. On fait maintenant en Angleterre un commerce immense de ciment romain ; on en expédie jusque dans les Indes orientales.

Ce ciment a la propriété de se solidifier presque instantanément comme le plâtre, lorsqu'on l'abandonne à lui-même, soit au contact de l'air, soit au milieu de l'eau, après l'avoir gâché en pâte un peu consistante, et sans qu'il soit nécessaire de le mélanger avec aucune autre substance. L'eau ne le détrempe pas ; il acquiert, au contraire, une solidité plus grande quand il est constamment mouillé ou humide que quand il est exposé à la sécheresse ; enfin sa dureté s'accroît avec le temps, et elle devient promptement au moins égale à celle des meilleures pierres calcaires. Ces qualités rendent cette matière extrêmement précieuse pour toutes les constructions hydrauliques, surtout lorsque les circonstances ne permettent pas d'opérer d'épuisemens, ou lorsque ceux-ci ne pourraient être effectués qu'en occasionant de grandes dépenses. On en fait aussi un très-grand usage à Londres pour crépir les maisons, en guise de plâtre, et pour maçonner les fondations des grands édifices. Il faut beaucoup d'habitude pour le bien employer. Si l'on ne lui donne pas, en le gâchant, le degré de consistance convenable ; si l'on ne se hâte pas de l'étendre et de l'insinuer entre les interstices des pierres ; si l'on interrompt le travail, etc., il se solidifie inégalement, il se gerce et il adhère mal aux matériaux de la maçonnerie. On ne doit l'employer pur que pour les ouvrages qui sont destinés à résister à l'action de l'eau ; mais MM. Parker et Wyatts

recommandent de le mêler avec du sable fin angulaire et bien lavé, dans la proportion de 2 parties sur 3 de ciment pour les fondations et pour les corniches exposées à la pluie; de 3, 4 à 5 parties sur 3 de ciment pour faire des mortiers ordinaires; de 3 parties sur 2 de ciment pour enduire les murs exposés au froid, et de 5 parties sur 2 de ciment pour enduire les murs exposés à la sécheresse ou à la chaleur.

Le ciment est réduit en poudre impalpable dans les fabriques mêmes, aussitôt qu'il est cuit, en le passant sous des meules, et on l'expédie dans des barils bien fermés (1). On le mêle avec le sable avant de le gâcher. Il s'éteint lentement et en s'échauffant à peine; il absorbe peu d'eau, et il n'augmente pas sensiblement de volume.

C'est avec des pierres calcaires très-argileuses, et dont je ferai connaître la composition dans un instant, que l'on prépare le ciment romain à Londres. On fait cuire ces pierres dans des fours coniques, à feu continu, avec de la houille, de la même manière que les autres pierres à chaux; mais la conduite du feu exige beaucoup d'attention, parce que, lorsque la chaleur n'est pas convenablement ménagée, le ciment éprouve un commencement de fusion et n'est plus propre à aucun usage.

M. Lesage, ingénieur militaire, a fait connaître, il y vingt ans, les propriétés d'une espèce de chaux dont on faisait alors usage à Boulogne-sur-mer (Pas-de-Calais), et qu'il a désignée sous le nom de *plâtre-ciment*. On voit, par le rapport très-circonstancié qu'il a publié (2), que

---

(1) Il vaut, à Londres, environ 100 fr. le mètre cube.

(2) *Journal des Mines*, tome XII, page 459.

cette chaux est exactement la même chose que le ciment des Anglais : on la fabriquait aussi avec une pierre calcaire. M. Drapier a donné de cette pierre, qui se trouvait en rognons sur les bords de la mer, une analyse très-exacte (1), dont je vais reproduire le sésultat avec celui que j'ai obtenu de l'analyse de la pierre anglaise, pour montrer l'identité de ces deux pierres.

	PIERRE anglaise.	PIERRE de Boulogne.
Carbonate de chaux.......	0,657	0,616
Carbonate de magnésie.....	0,005	.....
Carbonate de fer..........	0,060	0,060
Carbonate de manganèse...	0,019	.....
Argile { Silice...........	0,180	0,150
Argile { Alumine........	0,066	0,048
Argile { Oxide de fer.....	.....	0,030
Eau....................	0,013	0,066
	1,000	0,970
	Chaux produites par les calcaires ci-dessus.	
Chaux..................	0,554	0,540
Magnésie...............	0,000	.....
Argile..................	0,360	0,310
Oxide de fer............	0,086	0,150

La pierre d'Angleterre est compacte, à grain très-fin, dure, tenace, susceptible de prendre un beau poli, d'un

(1) *Journal des Mines*, tome XII, page 490.

gris brun. Sa pesanteur spécifique est de 2,59. On assure qu'elle se trouve en masses tuberculeuses dans des marnes. Elle présente souvent des cloisons minces et contournées, d'une substance cristalline, jaunâtre, translucide, que quelques fabricans prennent pour du sulfate de chaux; mais je me suis assuré que cette substance est du carbonate de chaux pur, et je n'ai trouvé de sulfate de chaux ni dans la pierre que j'ai analysée ni dans le ciment. On croyait que la pierre à ciment n'existait qu'en un seul endroit de l'Angleterre; mais depuis quelques années on en a trouvé dans plusieurs lieux, et on dit qu'elle y est très-abondante.

La pierre de Boulogne est aussi compacte, à grain très-fin, dure, tenace et susceptible de prendre le poli; mais elle est d'un gris jaunâtre. On ne l'a jamais rencontrée qu'en cailloux roulés sur le bord de la mer. Il y a déjà long-temps qu'on a cessé de l'exploiter, parce qu'on prétend qu'elle est devenue trop rare. Il semble que les qualités précieuses de cette pierre, qualités qui ont été constatées de la manière la plus authentique par une Commission dont M. Lesage a été l'organe, auraient dû attirer l'attention de toutes les personnes qui s'occupent de constructions, et déterminer quelques spéculateurs à rechercher s'il n'existe pas en France des gîtes de pierres semblables assez abondans pour être exploités. L'analyse de M. Drapier avait fait voir que ces pierres ne sont autre chose que des calcaires très-argileux : on savait par conséquent dans quels terrains on pouvait espérer d'en rencontrer. Le sol calcaire occupe en France une si grande étendue, qu'il est impossible que les tentatives que l'on aurait faites n'eussent pas été couronnées du succès. Loin

de là, la fabrique établie à Boulogne a été presque aussitôt abandonnée que créée ; personne n'a pensé à en fonder de semblables ailleurs ; et le plâtre-ciment a été si promptement oublié, que lorsqu'à la paix les Anglais nous ont apporté leur ciment romain, on l'a reçu avec étonnement et comme une substance qui nous aurait été tout-à-fait inconnue ; ils en ont établi un dépôt à Guernesey, d'où ils en répandent sur toute la côte ; le Gouvernement leur en achète maintenant une grande quantité pour les travaux du port de Cherbourg. Il faut espérer que nous ne tarderons pas à trouver moyen de nous exempter de leur payer ce tribut, en tirant cette matière de notre propre sol (1). Si, contre toute vraisemblance, on ne trouvait pas en France de pierres calcaires propres à la produire, on parviendrait sans doute aisément à la préparer artificiellement comme on prépare les chaux hydrauliques ordinaires. MM. de Saint-Léger et Girault

(1) La ville de Saint-Pétersbourg a maintenant son ciment romain comme Londres. Elle doit cet avantage à MM. Clapeyron et Lamé, ingénieurs des mines de France, attachés temporairement à l'Institut polytechnique de Russie, en qualité de professeurs, qui, ayant été chargés par le gouvernement de rechercher des pierres à chaux hydrauliques, firent la découverte d'un calcaire qui donne un ciment préférable à celui des Anglais, puisque, trois mois après l'immersion, il se trouve avoir acquis une dureté sensiblement plus grande, quoiqu'il se solidifie un peu moins vite. (Il est incolore.) Cette découverte à déjà produit une économie de plusieurs centaines de mille francs dans les dépenses relatives aux travaux hydrauliques pour lesquels la recherche avait été commandée.

ont déjà fait, à ce sujet, des essais qui ont eu un bon résultat; ils se proposent de les reprendre au printemps, et il y a tout lieu de croire qu'ils obtiendront l'un et l'autre un plein succès avant la fin de la campagne. Je crois qu'avec une partie d'argile plastique ordinaire ne contenant pas de sable, et 2 parties de craie en volume, ce qui revient à une partie d'argile pour 2 parties et demie de craie en poids, on aura une chaux très-hydraulique, et qui prendra aussi promptement que le ciment anglais. Cependant je ferai observer qu'il n'est pas probable que l'on puisse obtenir par des mélanges des chaux hydrauliques qui acquièrent une dureté et une solidité aussi grandes que le ciment naturel, parce que ces qualités dépendent non-seulement de la composition de la matière, mais encore de son état de compacité. On conçoit en effet que plus une chaux hydraulique, qui s'éteint sans changer de volume, a de densité, et plus ses molécules ont de facilité pour s'agréger entre elles, et en même temps moins elle prend de retrait en se consolidant. Or, quoi qu'on fasse, les mélanges artificiels seront toujours plus légers que les pierres nuturelles. Je suis persuadé que les pierres à ciment de Boulogne et d'Angleterre doivent une partie de leurs qualités à leur compacité et à leur texture serrée. Il ne faudra pas perdre cette observation de vue dans les recherches ultérieures que l'on pourra entreprendre. Je n'ai pas encore eu occasion d'observer en France de pierres parfaitement semblables à celles de Boulogne et d'Angleterre : cependant en voici quatre qui s'en rapprochent par leur composition et dont il serait bon qu'on fît un essai en grand, quoiqu'elles n'aient pas la densité désirable.

Pierres calcaires très-mélangées.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Carbonate de chaux......	0,758	0,666	0,580	0,630
Carbonate de magnésie.....	.....	.....	0,060	0,040
Silicate de magnésie. { Silice........	.....	.....	.....	0,140
Silicate de magnésie. { Magnésie.....	.....	.....	.....	0,070
Argile { Silice...........	0,164			
Argile { Alumine........	0,070	0,334	0,334	0,060
Argile { Oxide de fer.....	0,008			
Eau....................	.....	.....	0,026	0,060
	1,000	1,000	1,000	1,000
	Chaux produites par les calcaires ci-dessus.			
Chaux..................	0,640	0,550	0,471	0,547
Magnésie...............	.....	.....	0,045	0,157
Silice.................	.....	.....	.....	0,213
Argile.................	0,360	0,470	0,484	0,103

(1) Calcaire secondaire des environs de Nevers (Nièvre), route de Château-Chinon; compacte, gris-jaunâtre, peu dur, à cassure terreuse.

(2) Calcaire marneux qui accompagne l'ocre de Pourain (Yonne); compacte, blanchâtre, à cassure unie, presque terreuse.

(3) Calcaire marneux d'eau douce de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme); semblable au précédent.

(4) Calcaire marneux d'Argenteuil, près Paris; compacte, blanc-jaunâtre, tendre, très-léger. Sa texture est

très-lâche, ce qui lui donne la faculté d'absorber beaucoup d'eau. Il fait gelée avec les acides. C'est un carbonate de chaux qui contient plus du quart de son poids de magnésie, et dans lequel cette substance joue le même rôle que l'argile dans les calcaires marneux ordinaires.

Il résulte déjà du grand nombre d'analyses que je viens de citer, que la silice seule peut former avec la chaux une combinaison éminemment hydraulique (calcaire de Senonches), et que la magnésie seule (calcaire de Paris), ou mélangée avec les oxides de fer et de manganèse (calcaire de Villefranche), ne peut produire une semblable combinaison, et rend la chaux maigre sans lui communiquer la propriété de se solidifier sous l'eau. Les expériences synthétiques que je vais rapporter vont confirmer les conséquences déduites de l'analyse, et prouveront en même temps, 1°. que l'alumine seule n'a pas plus d'efficacité que la magnésie pour rendre les chaux hydrauliques; 2°. que la silice est un principe essentiel à ces sortes de chaux; 3°. et que les oxides de fer et de manganèse, loin de jouer le rôle important que quelques personnes leur ont attribué, sont, au contraire, le plus souvent tout-à-fait passives.

Sable siliceux.

Divers mélanges de craie et de sable blanc orninaire ayant été cuits dans un four à chaux, l'on n'a obtenu que des chaux maigres non hydrauliques, et l'on a reconnu que la vingtième partie seulement du sable avait été attaquée et rendue soluble dans les alcalis.

En substituant le sable d'Aumont préparé pour la manufacture de porcelaine de Sèvres, c'est-à-dire, réduit en

éprouvé un gonflement considérable ; on en a fait des pâtes molles que l'on a mises sous l'eau ; mais au bout de deux mois elles n'avient pas pris la moindre consistance. Ces pâtes se sont dissoutes complètement dans l'acide muriatique, même à froid. Il paraît, d'après cela, que la chaux et l'alumine se combinent par la voie sèche, mais que la combinaison qui se forme est totalement décomposée par l'eau.

Oxide de fer, oxide de manganèse.

La craie, calcinée avec diverses proportions d'oxide de fer ou d'oxide de manganèse, n'a produit que des chaux sans consistance, qui se sont comportées comme des chaux grasses, mélangées de matières inertes.

Ainsi, il est prouvé qu'aucun mélange dont la silice ne fait pas partie ne peut acquérir les propriétés hydrauliques ; mais il restait à savoir si la présence de la magnésie, de l'alumine, et des oxides de fer et de manganèse, était nuisible, ou si ces substances étaient, au contraire, propres à améliorer les chaux hydrauliques. Or, il paraît résulter du petit nombre d'expériences que j'ai faites à ce sujet, et que je vais faire connaître, que les chaux qui contiennent à la fois de la silice et de l'alumine, et mieux encore celles qui contiennent à la fois de la silice et de la magnésie, acquièrent une dureté plus considérable que les silicates de chaux purs, et qu'au contraire les oxides de fer et de manganèse ne contribuent en rien à la consolidation des chaux.

Silice et Magnésie.

10 gr. de carbonate magnésien de Paris, n° 7, et 2 gr. de silice gélatineuse, ont donné une chaux qui s'est

éteinte avec une faible chaleur et un léger gonflement, et qui, au bout de très-peu de temps d'immersion, est devenue plus dure que la meilleure chaux hydraulique artificielle. Cette chaux devait être composée de

Chaux,	0,560;
Magnésie,	0,166;
Silice,	0,274.

10 gr. de calcaire magnésien de Villefranche, n° 8, et 2 gr. de silice gélatineuse, ont donné une chaux qui s'est comportée à-peu-près comme la précédente; mais elle n'a pas acquis une dureté aussi grande; elle devait être composée de

Chaux,	0,46;
Magnésie,	0,20;
Oxide de fer,	0,05;
Oxide de manganèse,	0,03;
Silice,	0,26.

Avec 10 gr. de calcaire de Villefranche, 20 gr. de craie et 3 gr. de silice gélatineuse, j'ai eu une chaux composée de

Chaux,	0,56;
Magnésie,	0,21;
Oxide de fer,	0,02;
Oxide de manganèse,	0,01;
Silice,	0,20.

éminemment hydraulique, et qui a acquis, au bout de peu de temps, une très-grande dureté.

Silice et alumine.

Si l'on considère que la plupart des chaux hydrauliques, et même le ciment romain, sont produits par des calcaires argileux, il paraîtra évident que l'alumine ne nuit pas aux qualités de ces sortes de chaux ; et, en comparant la chaux artificielle de Paris à la chaux de Senonches, on verra que l'alumine, qui ne se trouve pas dans la dernière et qui existe au contraire en proportion considérable dans la première, contribue à leur donner de la dureté. Il y a certainement une proportion relative de silice et d'alumine qui est préférable à toute autre ; mais on ne découvrira cette proportion que par de longs tâtonnemens. Un essai fait en grand avec 4 parties de craie et 1 partie de kaolin de Limoges, porte à croire qu'il serait avantageux que la quantité d'alumine égalât la quantité de silice. Cette chaux, qui devait être composée de

Chaux,	0,745 ;
Alumine,	0,125 ;
Silice,	0,130,

a pris, très-peu de temps avant son immersion, une consistance plus forte que celle de la chaux artificielle, préparée avec 4 parties de craie et 1 partie d'argile de Passy.

Silice et oxide de fer.

Une chaux préparée en grand avec 4 parties de craie et 1 partie d'ocre jaune (en volume), et qui devait contenir

Chaux,	0,745 ;
Alumine,	0,055 ;
Oxide de fer,	0,070 ;
Silice,	0,130,

n'a pris qu'une très-faible consistance, même long-temps après avoir été immergée. On ne peut pas s'empêcher d'attribuer à l'oxide de fer la mauvaise qualité de cette chaux, puisque, avec une quantité d'argile égale à la quantité d'ocre employée, on obtient constamment une chaux éminemment hydraulique.

Silice et oxide de manganèse.

On a calciné au creuset de platine 10 gr. de craie, 2,5 de carbonate de manganèse, et 2,5 de silice gélatineuse. La matière cuite était violacée; elle s'est éteinte avec chaleur; on en a fait une pâte molle qu'on a placée sous l'eau. Au bout de deux mois, elle n'avait pris aucune consistance, tandis que la craie et la silice seules auraient donné une chaux qui se serait promptement solidifiée.

Quoique les expériences que je viens de rapporter aient été faites avec beaucoup de soin, je dois dire que l'on aurait tort d'accorder aux résultats qu'elles ont présenté une confiance trop entiére, parce que l'essai des chaux hydrauliques en petit est sujet à beaucoup de difficultés. On peut affirmer qu'une chaux que l'on trouve hydraulique dans une expérience en petit, le sera aussi quand on la préparera en grand; mais l'inverse n'est pas également certain. La durée de la cuisson influe considérablement sur le résultat: pour chaque mélange il y a un certain degré de chaleur qu'il faut atteindre et qu'il ne faut pas dépasser; et telle combinaison qui aurait pu donner une chaux éminemment hydraulique si elle eût été exposée à une température convenable et pendant un temps suffisant, ne pourra produire qu'une chaux maigre si elle

n'a pas été assez chauffée, ou une chaux morte si on l'a trop fortement calcinée.

Moyen de reconnaître les pierres à chaux hydrauliques.

Les analyses que j'ai données dans cet article font voir que la plupart des pierres calcaires que l'on emploie à la fabrication de la chaux sont des mélanges, en proportions très-variables, de carbonate de chaux et d'argile, et que la qualité des chaux qu'elles produisent dépend de la proportion relative de ces deux substances. Une pierre calcaire qui contient 0,06 d'argile donne une chaux déjà sensiblement hydraulique; lorsque l'argile s'y trouve dans la proportion de 0,15 à 0,20, la chaux est très-hydraulique; enfin la chaux prend instantanément, et doit être réputée *ciment romain* quand la pierre calcaire renferme 0,25 à 0,30 d'argile. Outre le carbonate de chaux et l'argile, les pierres calcaires admettent presque toujours du carbonate de magnésie dans leur composition. La présence de cette substance ne produit guère d'autre effet que de rendre la proportion de l'argile plus grande par rapport à la proportion du carbonate de chaux; mais par cela même elle contribue à exalter les propriétés hydrauliques des chaux. On conçoit, d'après ce que je viens de dire, que, pour apprécier les qualités d'une pierre calcaire relativement à la nature de la chaux qu'elle pourrait fournir, il suffit de déterminer la quantité d'argile et de magnésie qu'elle contient. Cette recherche peut se faire par un procédé très-simple et à la portée de tout le monde. Voici quel est ce procédé :

On broie la pierre et on passe la poussière au tamis de soie; on met 10 gr. de cette poussière dans une capsule,

et l'on verse dessus peu à peu de l'acide muriatique (1) étendu d'une petite quantité d'eau, en agitant continuellement avec un tube de verre ou avec une petite baguette de bois; on cesse d'ajouter de l'acide lorsqu'il ne se fait plus d'effervescence; alors on évapore la dissolution à une douce chaleur, jusqu'à ce que le tout soit réduit à l'état de consistance pâteuse; on délaie la matière dans environ un demi-litre d'eau, et on la filtre : l'argile reste sur le filtre; on fait sécher cette substance au soleil ou devant le feu, et on la pèse, ou, ce qui vaut mieux encore, on la calcine au rouge dans un creuset de terre ou de métal avant de la peser. On verse de l'eau de chaux bien limpide dans la dissolution, tant qu'il s'y forme un précipité; on recueille le plus promptement possible ce précipité, qui est la magnésie (2), sur un filtre; on le lave avec de l'eau pure; on le calcine ou on le dessèche le plus fortement que l'on peut, et enfin l'on en prend le poids.

Observations sur les mortiers.

M. Vicat admet, comme cause principale de la solidification des mortiers, l'action chimique que la chaux exerce sur les matières siliceuses. Il distingue les matières siliceuses que l'on emploie pour faire les mortiers en sables siliceux et pouzzolanes naturelles et artificielles,

---

(1) A défaut d'acide muriatique, on peut employer de l'acide nitrique ou du vinaigre.

(2) S'il y a du fer et du manganèse, ils se précipitent avec la magnésie. Il serait superflu de chercher à séparer ces trois substances les unes des autres.

inattaquables par l'acide sulfurique, et en pouzzolanes naturelles et artificielles, attaquables par les acides ; et il dit que la chaux grasse n'a d'action que sur les matières siliceuses de la seconde espèce, tandis que les chaux hydrauliques ont une affinité très-grande pour toutes, mais surtout pour celles de la première espèce.

M. John pense, au contraire, que les substances que l'on mêle avec la bouillie de chaux pour faire les mortiers, et qu'il nomme *alliages*, sont tout-à-fait passives. Il se fonde sur l'observation qu'il a faite, que la chaux caustique n'attaqne ni le quartz ni aucune substance pierreuse ; il croit que l'on doit, en général, préférer le quartz, le verre, les scories, aux pouzzolanes, parce que la chaux y adhère très-fortement.

Une telle divergence d'opinion entre deux savans aussi distingués prouve que l'on n'a pas encore toutes les données nécessaires pour éclaircir ce sujet ; cependant j'avoue que la manière de voir de M. John me paraît beaucoup plus plausible que celle de M. Vicat.

L'assertion de M. Vicat, que la chaux en général et la chaux hydraulique en particulier agissent chimiquement sur les matières siliceuses, n'est appuyée sur aucun fait ; elle est au contraire opposée à toutes les observations faites jusqu'à présent. Comment concevoir, en effet, qu'un silicate de chaux (chaux hydraulique), qui est déjà en partie saturé de silice, ait une forte action chimique sur le quartz ; tandis que la chaux caustique, dont aucune combinaison préexistante n'affaiblit l'énergie chimique, ne l'attaque pas, et tandis même que la potasse caustique bouillante ne le dépolit même pas ?

La composition des pouzzolanes naturelles est-elle

bien connue ? Jusqu'ici il n'en a pas été publié d'analyses satisfaisantes. Ces substances ont-elles réellement de l'analogie avec les argiles calcinées ? Cela n'est nullement vraisemblable. Les argiles sont des silicates d'alumine ; et si l'on juge de la nature des pouzzolanes par celle des roches volcaniques les plus communes, elles doivent contenir beaucoup de silice combinée avec de l'alumine et avec de la potasse, et en outre un mélange de minéraux divers, tels que du fer titané, etc.

M. Vicat dit que les chaux grasses donnent, avec les argiles légèrement calcinées, des mortiers qui prennent bien sous l'eau, parce que ce liquide facilite la combinaison de la chaux avec la silice et l'alumine, mais que les composés qui en résultent perdent insensiblement leur dureté par le contact de l'air. S'il y avait réellement combinaison entre la chaux et l'argile, ce dernier effet n'aurait pas lieu ; car on sait que le ciment romain, qui n'est autre chose qu'une pareille combinaison obtenue par la voie sèche, durcit au contact de l'air comme sous l'eau.

L'objection que fait M. Vicat contre la théorie de M. John, en avançant que, si cette théorie était exacte, le charbon devrait produire un bon mortier avec la chaux, ne me paraît pas sérieuse. Effectivement, M. John n'a pas prétendu que toute substance fût bonne à faire du mortier, par cela seulement qu'elle serait poreuse ; il exige qu'elle ait une cohésion au moins aussi grande que celle que la chaux acquiert après sa consolidation : or, assurément le charbon ne remplit pas cette condition.

M. John pourrait, avec plus de fondement, demander à M. Vicat pourquoi l'on ne peut pas faire de mortiers

avec l'argile crue, substance qui se prête en général plus facilement aux combinaisons chimiques que l'argile calcinée ; tandis que cette dernière est au nombre des meilleurs matériaux que l'on puisse employer dans la confection des mortiers, par la raison, selon lui, qu'elle a une grande tendance à se combiner avec la chaux.

Je pense avec M. John que les alliages ne jouent aucun rôle chimique dans les mortiers. Ces alliages me paraissent avoir pour effet, 1°. de diminuer la consommation de la chaux ; 2°. de régulariser le retrait en le modérant et en le rendant uniforme, et en empêchant par là qu'il ne se forme des gerçures ; 3°. probablement de faciliter la dessiccation et la régénération du carbonate de chaux, et d'accélérer la prise ; 4°. et enfin d'augmenter la solidité des mortiers. Ce dernier effet est le plus important, et mérite d'être examiné. Les molécules des alliages contractent avec les molécules de la chaux une adhérence plus ou moins forte. Si cette adhérence est moins grande que celle qui lie entre elles les molécules de la chaux, le mortier ne sera pas plus solide que ne l'aurait été l'hydrate pur ; seulement il coûtera moins cher, il prendra plus vite et il sera moins sujet à se fendre en se desséchant, ce qui est déjà fort avantageux ; mais si la force de cohésion de la chaux est moindre que la force qui la fait adhérer à l'alliage, on conçoit que le mortier devra acquérir plus de tenacité que n'en aurait eu l'hydrate pur : or, c'est probablement là ce qui a lieu dans tous les bons mortiers. Ce phénomène n'a rien qui puisse surprendre. Ne voit-on pas la peinture et les vernis adhérer au bois, la colle à la plupart des corps, l'or aux émaux, etc., avec une force telle que l'on ne peut la vaincre que par

des moyens chimiques ? Et cependant n'est-il pas évident que, dans aucun de ces cas, il n'y a combinaison, puisque, lorsqu'on enlève, en la détruisant, la peinture, la colle, etc., dont un corps était recouvert, on voit que ce corps n'a pas éprouvé la plus légère altération, et que s'il était poli, il a conservé tout son éclat ?

Dans un mortier qui doit sa solidité à l'adhérence de la chaux avec l'alliage, il est clair qu'il y a de l'avantage à multiplier le plus possible les surfaces de contact, et par conséquent à employer un alliage pulvérulent ; mais alors le mortier exige une plus grande proportion de chaux que lorsqu'on se sert d'un alliage grenu. D'un autre côté, les alliages à gros grains ne peuvent pas donner des mortiers aussi solides que les alliages pulvérulens, parce qu'il reste entre les grains de l'alliage des espaces remplis de chaux pure, qui ne présentent pas la même résistance à la fracture que les parties occupées par l'alliage. Il paraît évident, d'après cela, que, pour obtenir avec la plus petite quantité de chaux possible des mortiers qui aient le *maximum* de solidité qu'ils puissent acquérir, il faut employer des alliages qui renferment des grains de grosseurs diverses et des parties pulvérulentes, en évitant toutefois le mélange des matières argileuses qui sont susceptibles de faire pâte avec l'eau, et qui n'ont par elles-mêmes aucune cohérence. M. de Saint-Léger a fait, l'été dernier, des essais en grand dont les résultats s'accordent parfaitement avec cette conséquence. Il a trouvé que, contrairement à l'opinion commune, le sable dont on se sert habituellement à Paris donne un meilleur mortier lorsqu'on se contente

de le laver que lorsqu'on en sépare les grains très-fins par le moyen du tamisage.

Les pouzzolanes tant artificielles que naturelles diffèrent extrêmement les unes des autres par leur composition; elles ne se ressemblent que par la faculté qu'elles ont de pouvoir absorber beaucoup d'eau sans se ramollir: cette faculté dérive de leur porosité. Il est donc très-probable que dans tous les cas où elles agissent sur la chaux d'une manière particulière et différente des autres alliages, tels que les sables quartzeux, le verre, etc., c'est, ainsi que le pense M. John, à leur porosité qu'elles doivent cette propriété. L'observation importante faite par M. Vicat, savoir, que l'argile légèrement cuite est un alliage excellent, tandis que la même substance, fortement calcinée, n'est qu'un alliage médiocre, vient à l'appui de cette opinion; car l'argile légèrement cuite et l'argile fortement calcinée ne diffèrent l'une de l'autre qu'en ce que la première est légère, poreuse et susceptible d'absorber l'eau, au lieu que la dernière est devenue compacte et tout-à-fait semblable à une pierre par l'effet du retrait que son exposition à une haute température lui a fait éprouver; elles sont d'ailleurs, l'une comme l'autre, dans un état tout autre que l'argile crue, puisqu'elles ne contiennent plus d'eau de combinaison, et qu'elles ne peuvent plus faire pâte avec ce liquide.

On sait que les corps poreux ont la faculté d'absorber et de condenser rapidement un grand nombre de substances gazeuses. Ne serait-ce pas parce qu'ils agissent de cette manière sur l'acide carbonique contenu dans l'air et dans l'eau, qu'ils ont la propriété d'accélérer la solidification de certains mortiers? On concevrait alors

pourquoi ils produisent cet effet avec la chaux grasse, tandis qu'avec les chaux très-hydrauliques ils ne donnent pas un meilleur résultat que les alliages non poreux ; car les mortiers de chaux grasses ne doivent leur solidification qu'à la régénération du carbonate de chaux, au lieu que la solidification des mortiers de chaux très-hydrauliques est indépendante de cette cause.

Concluons, en terminant, que la théorie des mortiers est encore très-imparfaite, et qu'il est à désirer que les personnes qui s'occupent de constructions s'attachent à recueillir des observations nouvelles et propres à éclaircir cette théorie. (*Ann. des Min.*)

EXTRAIT *d'un Mémoire lu à l'Académie des Sciences, le 3 février* 1823.

PAR M. SAVARY.

(Article communiqué.)

DEPUIS que les actions qu'exercent entr'eux un conducteur voltaïque et un aimant ou deux conducteurs voltaïques sont connues, plusieurs physiciens ont essayé de ramener à un principe unique ces deux sortes de phénomènes et ceux que présente l'action mutuelle de deux aimans. Parmi les différentes théories proposées pour atteindre ce but, celle de M. Ampère, qui consiste à supposer des courans électriques circulaires autour des molécules magnétiques, et qui suffit à l'explication générale de tous les faits connus, a seule l'avantage de montrer pour-

quoi l'on ne peut pas imiter avec un assemblage d'aimans toutes les propriétés d'un fil conducteur, imprimer, par exemple, à un aimant ou à un autre assemblage d'aimans un mouvement de rotation continu.

Dans cette théorie l'action d'un aimant aussi-bien que celle d'un fil conducteur ne dépend que de la loi suivant laquelle s'attirent ou se repoussent deux élémens infiniment petits de courans électriques. M. Ampère a donné, pour exprimer ces forces élémentaires, une formule déduite de ce qu'une petite portion de courant agit comme la somme de ses projections sur des directions quelconques, quand il ne résulte de la substitution de ces projections à la petite portion que des variations insensibles dans la distance au point qu'elle attire. En appelant r la distance de deux élémens ds et ds', dont les intensités sont i et i', cette formule est :

$$-\frac{r^{1-k-n}}{1+k}\cdot\frac{d^2(r^{1+k})}{ds\,ds'}\,ii'\,ds\,ds'.$$

dans laquelle k et n sont des constantes dont il restait à déterminer la valeur. M. Ampère ayant observé qu'une portion de conducteur circulaire n'a aucune action pour faire tourner, autour d'un axe passant par son centre et perpendiculaire à son plan, une autre portion de conducteur de forme quelconque, terminé de part et d'autre à cet axe, en a conclu que l'on avait entre k et n la relation $n-1+2k=0$. Toutes les expériences sur le décroissement d'intensité d'action des aimans s'accordent d'ailleurs à montrer que $n=2$; d'où il suit, d'après cette relation, que $k=-\frac{1}{2}$. Aussi M. Ampère avait-il annoncé que telles étaient les valeurs de n et de k qu'il fallait substituer

dans sa formule. On peut cependant rendre cette détermination indépendante de l'hypothèse qui assimile les aimans à des assemblages de courans électriques circulaires. Le moyen qui résulte des calculs de M. Savary pour atteindre ce but est déduit d'une expérience de MM. Gay-Lussac et Welter, qui consiste en ce que, si l'on roule en hélice un fil conducteur autour d'un anneau d'acier circulaire, et que l'on fasse passer dans le fil soit le courant voltaïque, soit une forte décharge électrique, l'anneau se trouve aimanté, mais de manière à ce que ses propriétés sont latentes tant qu'il reste entier. Il n'agit en effet alors que comme un simple morceau de fer; tandis que, si on le brise, chaque portion devient un aimant dont les poles sont déterminés par le sens du courant électrique. L'anneau entier est, dans la théorie de M. Ampère, un assemblage de courans circulaires dont les plans, passant par le centre de l'anneau, sont perpendiculaires à sa circonférence. En appliquant le calcul à ces données, l'auteur du Mémoire dont nous rendons compte trouve qu'en négligeant les puissances du rayon des courans circulaires à partir de la quatrième, l'action de l'anneau sur un élément de courant situé dans l'espace d'une manière quelconque est nulle, si l'on a entre k et n la relation $kn+1=0$, et qu'elle ne peut être nulle qu'en admettant cette relation. Les deux équations $n-1+2k=0$, $kn+1=0$ donnent, pour k et n, ces deux systèmes de valeurs :

$$\left\{\begin{array}{l} k=1 \\ n=-1 \end{array}\right\} \text{ et } \left\{\begin{array}{l} k=-\frac{1}{2} \\ n=2 \end{array}\right\};$$

et comme M. Ampère a prouvé par diverses expériences,

entre autres par la répulsion des parties d'un même courant rectiligne, que k est négatif, les valeurs $k = -\frac{1}{2}$, $n = 2$ sont les seules admissibles.

Il suffit, pour rendre cette détermination indépendante de toute assimilation entre les courans électriques et les aimans, d'essayer l'action d'un anneau de courans électriques circulaires produits par la pile de Volta, sur un conducteur de forme quelconque, et de s'assurer que cette action est toujours nulle. M. Ampère a trouvé dans les expériences qu'il vient de faire à ce sujet qu'elle est en effet nulle, quel que soit le diamètre de l'anneau, pourvu que celui des courans circulaires dont il est composé soit assez petit par rapport à la distance de cet anneau au conducteur mobile. Cette dernière circonstance a toujours lieu dans les aimans considérés comme le fait M. Ampère, puisque le diamètre des courans circulaires qu'il y admet est extrêmement petit.

La formule de M. Ampère se trouve ainsi une suite nécessaire des phénomènes observés, tant qu'il n'est question que de l'action mutuelle des conducteurs voltaïques, du moins en admettant que la variation de force due à la seule variation de distance ne dépend que d'une fonction de la forme

$$\frac{A}{r^n};$$

mais l'opinion de M. Ampère sur la constitution des aimans ne peut acquérir le genre de preuves que l'état actuel de la physique exige que quand, en partant de cette formule et en l'appliquant aux courans circulaires qu'il admet dans les aimans, on trouvera par le calcul des

résultats identiques à ceux que donne l'expérience tant à l'égard de l'action mutuelle de deux aimans qu'à l'égard de celle d'un aimant et d'un conduceur voltaïque. M. Savary, dans le Mémoire dont nous rendons compte, s'est proposé différens rapprochemens de ce genre, sans rien préjuger sur le fond de la question, que des expériences variées et la mesure exacte des forces qui, dans chaque cas, produisent les phénomènes observés peuvent seules décider. Nous allons d'abord exposer les résultats qui montrent quelle analogie et quelle différence existent entre un aimant et un assemblage de courans circulaires situés dans des plans perpendiculaires à la ligne qui joint leurs centres; assemblage auquel nous donnerons le nom de *cylindre électro-dynamique*. Un fil conducteur plié en hélice, et dont l'extrémité revient par l'axe de cette hélice, réalise l'idée que nous vonons de donner du cylindre électrique, parce que le courant qui s'établit alors dans l'axe de l'hélice détruit l'effet dû à l'obliquité des spires, et qui n'existe pas dans le cylindre électro-dynamique.

M. Pouillet a trouvé que l'action d'un aimant horizontal sur un fil vertical indéfini se réduit à deux forces dirigées dans le plan horizontal, perpendiculairement aux lignes qui joignent le fil aux deux poles de l'aimant, et que ces deux forces sont en raison inverse des distances du fil à ces deux poles.

En substituant à l'aimant un cylindre électro-dynamique d'un très-petit diamètre, M. Savary obtient pour les extrémités du cylindre précisément le même résultat qu'on vient d'énoncer pour les poles de l'aimant, et plus généralement que l'action d'un cylindre électro-dyna-

mique sur un élément de courant se réduit à deux forces perpendiculaires aux plans qui passent tous deux par cet élément, et chacun par l'une des extrémités de l'axe du cylindre. Chaque force est en raison inverse du carré de la distance de l'élément à l'une des extrémités de l'axe du cylindre, et proportionnelle au sinus de l'angle que la ligne qui joint l'élément et cette extrémité fait avec la direction du même élément. D'où il suit que, si l'on suppose le cylindre électro-dynamique d'une longueur infinie, son action sur l'élément du courant ne dépend que de la position respective de l'élément et de l'extrémité du cylindre que l'on considère, mais nullement de la direction de l'axe du cylindre dans l'espace. Il en est de même de l'action du même cylindre sur un conducteur d'une forme et d'une grandeur quelconque. Cette action ne dépend que de la position de l'extrémité que l'on considère relativement au conducteur, et reste la même, quelle que soit la direction de l'axe. On a supposé dans ce calcul, comme dans les suivans, que le rayon du cylindre électro-dynamique est très-petit.

Coulomb, en observant la direction qu'un petit aimant suspendu dans un plan horizontal prend en présence d'un barreau aimanté situé dans le même plan, avait conclu que leur action mutuelle pouvait être représentée par quatre forces agissant en raison inverse du carré de la distance, et dirigées suivant les lignes qui joignent deux à deux les poles d'un aimant à ceux de l'autre, du moins quand leurs distances ne sont pas très-petites.

L'auteur du Mémoire trouve qu'en substituant des cylindres électro-dynamiques d'un petit diamètre aux aimans, et les extrémités des premiers aux poles des

seconds, on obtient, pour exprimer leur action mutuelle, un résultat exactement semblable, et cela de quelque manière que les cylindres soient dirigés dans l'espace.

M. Biot, en partant de l'hypothèse de Coulomb, a trouvé qu'on représente à très-peu près les inclinaisons de l'aiguille aimantée observées en divers lieux de la surface du globe, en supposant dans le globe deux poles magnétiques très-voisins de son centre.

M. Savary déduit également de la formule de M. Ampère la loi d'inclinaison de l'aiguille aimantée, en supposant dans l'équateur ou dans des plans très-voisins de l'équateur magnétique des courans dont le rayon soit assez petit par rapport à celui de la terre. La loi se présente alors sous la forme très-simple que M. Bowditch lui a donnée le premier, savoir, que la tangente de l'inclinaison est double de la tangente de la latitude magnétique.

La conclusion de ces différens résultats est que des cylindres électro-dynamiques agissent, du moins à des distances un peu grandes par rapport à leurs diamètres, comme des aimans dont les poles seraient situés aux extrémités mêmes de ces cylindres.

Voici maintenant quelques résultats du même Mémoire qui se rattachent aux recherches précédentes.

L'action d'un conducteur rectiligne indéfini situé dans un plan perpendiculaire à celui d'un courant circulaire, pour faire tourner ce courant autour de l'intersection des deux plans, est indépendante de l'inclinaison du conducteur rectiligne sur le plan du courant circulaire, et varie en raison inverse da sa distance au centre de ce dernier courant.

En effet, M. Ampère a observé avec M. Despretz qu'un petit aimant suspendu dans l'angle formé par deux fils conducteurs que les courans parcourent en s'approchant ou en s'éloignant tous deux du sommet, est en équilibre quand son centre est à égale distance des deux fils.

Un courant circulaire tend à faire mouvoir un fil conducteur indéfini parallèle à son plan, de manière que chacun des points de ce fil décrive une circonférence tangente au plan du courant circulaire, suivant le diamètre indéfiniment prolongé qui est parallèle au fil. La force varie en raison inverse du carré de la distance du fil au centre du courant circulaire. Ce résultat n'est vrai qu'à des distances un peu grandes par rapport au rayon de ce dernier courant.

Le même conducteur rectiligne et indéfini, soumis à l'action d'un cylindre électro-dynamique dont l'axe lui est perpendiculaire, est sollicité, comme on l'a vu un peu plus haut, par deux forces dont chacune tend à lui imprimer un mouvement circulaire autour d'une des extrémités du cylindre. Chaque force est en raison inverse du rayon du cercle qu'elle tend à faire décrire au fil. Il est facile de voir que, si l'on conçoit par l'axe du cylindre un plan perpendiculaire au fil, la résultante de ces deux forces rencontre le fil à son intersection avec ce plan, et est dirigée suivant le diamètre d'un cercle qui passe par cette intersection et par les deux extrémités du cylindre. On trouve aussi que cette résultante tend à faire prendre au fil un mouvement circulaire autour d'un point situé sur le prolongement de l'axe du cylindre, au-delà de l'extrémité dont le fil se trouve le plus rapproché. Le cercle ainsi décrit par le fil coupe toujours à angle droit

la circonférence dont l'axe du cylindre est un diamètre, et dont le plan est perpendiculaire au fil. En effet, lorsque le fil se trouve sur cette circonférence, la résultante lui est évidemment normale et va passer par le milieu de l'axe.

Cette circonférence a cela de remarquable, que de tous ses points le fil n'exerce aucune action pour faire tourner le cylindre autour du milieu de son axe; en sorte que, si d'un point intérieur quelconque ce fil repousse la moitié du cylindre dont il est le plus près, il l'attirera de tous les points extérieurs, et réciproquement.

Si l'on suppose que le fil, étant situé en dehors de cette circonférence limite, repousse la portion du cylindre la plus voisine, ce cylindre se trouve dans un état d'équilibre stable quand son axe est perpendiculaire au plan qui passe par son milieu et par le fil. Ce n'est qu'alors, ainsi que M. Pouillet l'a remarqué d'un aimant, qu'en faisant osciller le cylindre supposé horizontal autour de cette position d'équilibre, et plaçant le fil vertical de plus en plus loin du centre de suspension, la force motrice diminue en raison inverse de la distance. Lorsque cette distance est fort grande par rapport à la longueur du cylindre mobile, si l'on plie le fil indéfini de manière que les deux moitiés s'inclinent également de part et d'autre du plan horizontal en formant un angle dont le sommet se trouve dans ce plan, chacune d'elles exerce évidemment la même action pour faire osciller le cylindre; et, d'après le calcul de M. Savary, lorsqu'on regarde la longueur de ce cylindre comme infiniment petite relativement à sa distance au sommet de l'angle, l'action totale est à celle du fil vertical et indéfini dans le rapport

de la tangente de la moitié de l'angle d'inclinaison à l'unité.

Enfin, M. Savary a calculé l'action d'un cylindre électro-dynamique, pour faire tourner un fil conducteur mobile autour d'un axe vertical passant par l'extrémité supérieure de ce fil, dans le cas où le cylindre est très-long et où une de ses extrémités se trouve dans l'axe de rotation au niveau de l'extrémité inférieure du conducteur mobile, action qui, d'après ce que nous avons déjà dit, est indépendante de la direction de l'axe du cylindre, et il a trouvé qu'elle est alors en raison inverse du rayon du cercle décrit par cette même extrémité inférieure du conducteur mobile.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 6 *janvier* 1823.

S. E. le Ministre de l'Intérieur adresse l'ordonnance par laquelle le Roi confirme l'élection de M. Fourier à la place de secrétaire perpétuel de l'Académie pour les sciences mathématiques.

M. Pailhès, inspecteur de la navigation, envoie le tableau des crues de la Seine pendant l'année qui vient de s'écouler. (*Voyez* le Cahier de décembre 1821.)

M. Burdin, ingénieur des mines, demande qu'il soit

fait promptement un rapport sur le Mémoire de mécanique qu'il a présenté depuis quelque temps. M. le Président rappelle cet objet aux commissaires qui ont été nommés.

M. Vauquelin rend compte de l'analyse qu'il a faite de l'aérolithe tombée dans les Vosges. (*Voyez* le Cahier de novembre, page 324.)

On procède à l'élection d'un vice-président pour l'année 1823. M. Arago réunit la majorité des suffrages.

M. Thenard, vice-président dans l'année 1822, succède à M. Gay Lussac comme président.

On commence la lecture d'un Rapport relatif aux procédés chimiques et mécaniques qu'emploie M. de Puymaurin fils pour la fabrication des médailles de bronze moulées.

On nomme au scrutin la Commission qui devra examiner les Mémoires envoyés au concours pour le prix de physique : elle est composée de MM. Laplace, Gay-Lussac, Magendie, Cuvier et Fourier.

La Commission qui, d'après les réglemens, sera appelée à faire des propositions à l'Académie pour le prix d'astronomie fondé par M. de Lalande, est également nommée au scrutin, et se compose de MM. Laplace, Arago, Burckardt, Bouvard et Mathieu.

Les membres de la Commission qui décernera cette année le prix de statistique fondé par M. de Montyon, sont : MM. Laplace, Fourier, Coquebert-Montbret, Ramond et de Rossel.

M. Coquebert fait un rapport verbal sur un ouvrage

suédois intitulé : *Expériences hydrauliques faites aux mines de Sahlm*, par M. Lagerhyelm.

Séance du lundi 13 janvier.

Le Ministre de l'Intérieur demande à l'Académie de lui présenter un candidat pour la chaire d'astronomie vacante au Collége de France par la mort de M. Delambre. La Section d'Astronomie fera un rapport à ce sujet dans la prochaine séance.

M. Walsh adresse un nouvel écrit sur le binome.

On reçoit la nouvelle de la mort de M. Jean Fabbroni, correspondant.

M. Fourier annonce que M. le comte de Funchal lui a adressé des documens précieux sur le mouvement de la population de la ville de Londres.

Après avoir entendu l'avis affirmatif de la Section de Physique, l'Académie va au scrutin sur la question de savoir s'il y a lieu à élire un membre pour remplacer M. Fourier devenu secrétaire. Le résultat du scrutin est affirmatif à l'unanimité.

L'Académie prend une décision semblable et également unanime relativement à la place vacante dans la Section de Chimie.

Les commissaires qu'on avait nommés pour examiner un nouveau piége de l'invention de M. Licent, déclarent que l'Académie ne peut pas lui donner son approbation.

On achève la lecture du Rapport relatif aux procédés qu'emploie M. Puymaurin dans la fabrication des mé-

dailles de bronze. (Nous reviendrons sur cet objet aussitôt que le Rapport nous aura été communiqué.)

On nomme au scrutin les Commissions qui auront à décerner les prix de Mécanique et de Physiologie fondés par M. de Montyon. Les membres de la première sont : MM. Girard, Dupin, Prony, Bosc et Yvart ; la seconde est composée de MM. Cuvier, Magendie, Dumeril, Percy et Geoffroy-Saint-Hilaire.

M. Arago lit pour M. Fresnel le résumé d'un Mémoire *sur la Loi des modifications que la réflexion imprime à la lumière polarisée.*

Séance du lundi 20 *janvier.*

M. John Walsh adresse une nouvelle Lettre *sur le Développement des puissances d'un binome.*

M. Delisle envoie un ouvrage manuscrit intitulé : *Histoire des Lichens.* (Il en sera rendu compte.)

M. Percy, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un nouvel instrument de l'invention du Dr Bancal, destiné à faire l'opération de la cataracte par extraction.

Cet instrument a paru supérieur à tous ceux qui avaient été imaginés jusqu'ici pour le même objet. Les commissaires, d'accord en cela avec l'auteur, pensent qu'il pourra aussi être employé pour la formation de la pupille artificielle.

M. Dupin lit la première partie du Rapport qu'il a fait sur le travail de M. Marestier relatif aux *Bateaux à vapeur.*

Le rapporteur de la Section d'Astronomie annonce que cette Section a jugé convenable de différer jusqu'à la

séance prochaine la présentation de candidats qu'elle devait faire, pour la place vacante au Collége de France. Ce délai donnera aux personnes qui désireraient obtenir le suffrage de l'Académie, le temps de se présenter et de faire valoir leurs titres.

L'Académie se forme en comité secret pour entendre les Sections de Chimie et de Physique qui doivent faire des présentations de candidats.

M. Thenard, rapporteur de la Section de Chimie, annonce que le grand nombre de concurrens, la nécessité de comparer et de discuter leurs titres et l'absence d'un des membres de la Section, ne permettront pas de faire la présentation dans la séance actuelle.

Cet incident donne lieu à une longue discussion. Plusieurs membres soutiennent que la nomination aux places doit toujours se faire, conformément au réglement, dans l'ordre même suivant lequel les vacances ont eu lieu; et attendu que la place de chimie a vaqué la première, ils tirent de la déclaration faite par M. Thenard, la conséquence qu'il faudrait aussi retarder de huit jours la présentation de physique. D'autres membres ne croient point qu'on puisse se dispenser d'entendre la Section de Physique, quand elle annonce que son rapport est prêt. La majorité de l'Académie se range à cet avis. M. Lefèvre-Gineau, rapporteur, présente en conséquence la liste suivante de candidats :

MM. Dulong, Fresnel, Savard, Pouillet, Despretz.

Après avoir fait une exposition détaillée des titres respectifs des candidats, M. le rapporteur ajoute qu'en ce qui concerne le rang des deux premiers, on a pris aussi en considération l'ancienneté des travaux.

Dans le cours de la discussion à laquelle cette présentation a donné lieu, M. Poisson a annoncé qu'il était parvenu à des formules qui expriment les lois du mouvement de deux fluides superposés, et qui renferment les lois de la direction et de l'intensité de la lumière réfléchie et transmise dans l'hypothèse des ondes. Il déclare avoir déjà communiqué ces résultats au Bureau des Longitudes dans les premières séances du mois de décembre dernier.

Séance du lundi 27 janvier.

M. Cordier, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, demande qu'on nomme des commissaires pour examiner un ouvrage manuscrit en 2 volumes in-4°, qu'il a composé, *sur l'Agriculture de la Flandre.*

M. Vene, auteur de *nouveaux principes d'analyse infinitésimale*, prie l'Académie de lui faire parvenir son avis.

M. Ranson réclame contre les rapports qui ont été faits sur ses Mémoires de *Géométrie.* Il adresse un nouveau travail.

M. Boillot reconnaît le tort qu'il a eu de mettre sur le titre de son *Traité d'Arithmétique*, approuvé pour l'instruction publique.

L'Académie va au scrutin pour l'élection d'un membre de la Section de Physique. Sur 56 votans M. Dulong réunit 36 suffrages, et M. Fresnel 20. La nomination de M. Dulong sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Cauchy présente un Mémoire intitulé : *Recherches sur le mouvement de deux fluides superposés, l'un compressible, l'autre non compressible.*

Au nom d'une Commission, M. de Jussieu lit un Rapport sur le voyage que M. Auguste de Saint-Hilaire vient de faire au Brésil. Nous nous contenterons de donner ici un aperçu des richesses que cet important voyage aura procurées au Muséum d'Histoire naturelle.

La collection contient : 1°. un petit nombre de minéraux parmi lesquels sont quelques roches remarquables : une euclase d'un assez gros volume ; des fragmens de fer oligiste micacé ; d'autres de fer oligiste compact, très-abondant au Brésil et renfermant de l'or disséminé ; un pouding ferrugineux et siliceux nommé *cascaio dos diamantes*, ou caillou des diamans ; ce pouding sert d'enveloppe ou de gangue aux diamans, et sa nature est la même que celle de la gangue dans laquelle on trouve ces pierres précieuses. Au Bengale, au Brésil, l'exportation de cette matière avait été défendue jusqu'ici : aussi ne la connaissait-on pas en Europe.

2°. 129 individus d'animaux mammifères rapportés à 48 espèces, dont 13 manquaient à la collection du Muséum. Dans ce nombre sont deux chauve-souris ; un nouveau singe hurleur ; l'aguarachay, espèce de chacal connu seulement par les descriptions d'Azzara ; un porc-épic à queue prenante ; un nouvel animal nommé *moco*.

3°. 2005 oiseaux formant 451 espèces, dont 156 nouvelles, du moins relativement aux galeries du Muséum. La plupart de celles-ci nous font mieux connaître les espèces décrites par Azzara, et facilitent les moyens de les placer convenablement dans le système ornithologique. On doit remarquer dans ce nombre le chaja, auparavant mal connu, voisin du camichi dans le genre *parra* ; une espèce de rhynchée, qui offre le premier exemple d'une forme propre aux

Indes orientales et retrouvée en Amérique; le cygne blanc à col noir du Paraguay; le *psittacus hyacinthinus*, dont il n'existe que deux ou trois individus dans les cabinets d'Europe; l'aigle couronné; plusieurs espèces de tangara, connus seulement par Azzara; ainsi que le guiareta ou petit coq, ainsi nommé parce que, gros à peine comme nos moineaux, il a la queue relevée à la manière des coqs domestiques.

4°. 35 reptiles réduits à 21 espèces, parmi lesquelles est une seconde espèce de lachesis, genre de serpent venimeux dont on n'en connaissait qu'une.

5°. 58 poissons dont 21 espèces, la plupart nouvelles, habitant les eaux douces, parmi lesquelles sont 3 chalcées et le pimelda oxyrinque.

6°. Quelques coquilles dont une espèce nouvelle d'*unio* trouvée dans le *Rio Doce*, et une nouvelle ampullaire dont le spix tourne à gauche.

7°. Environ 16000 insectes conservés avec soin, parmi lesquels, suivant M. Latreille, il y en a environ 800 qui n'étaient pas connus.

8°. Un très-grand nombre de paquets de graines.

9°. Enfin, un herbier composé d'environ 30000 échantillons formant 7000 espèces de plantes bien conservées. M. Desfontaines estime que les espèces nouvelles s'élèveront au tiers de ce nombre et qu'on y trouvera des genres nouveaux, peut-être même des familles nouvelles.

La Section d'Astronomie présente, pour candidat à la place de professeur au Collége de France, M. Mathieu.

M. de Cassini, rapporteur, déclare qu'aucun autre candidat n'a adressé de demande; et que les savans qui,

par la nature de leurs travaux, auraient pu figurer honorablement sur la liste, ont tous refusé d'y être inscrits, à cause des titres évidens et des droits incontestables de M. Mathieu à la place vacante. La Section fait remarquer que si la chaire du Collége royal était donnée à un géomètre, il y aurait double emploi dans le même établissement, à quoi il faudrait ajouter que l'astronomie proprement dite ne serait plus enseignée à Paris. Après avoir prouvé qu'un cours pratique ne peut être fait que par un astronome de profession, le rapporteur montre que depuis l'origine du Collége royal la place actuellement vacante leur a été constamment réservée. *Oronce Finé* l'occupait sous François 1er; *Stadius*, sous Henri III; *Gassendi* et *Lahyre*, sous Louis XIV; *Joseph Delisle*, durant le règne de Louis XV; *Lalande* y fut appelé sous Louis XVI; M. *Delambre*, enfin, lui succéda en 1807, et a rempli la place jusqu'en 1817.

Passant de ces considérations générales à ce qui regarde particulièrement M. Mathieu, la Section présente une énumération succincte des travaux auxquels cet académicien a honorablement attaché son nom, et fait spécialement ressortir l'utilité qu'aurait un cours d'astronomie dans des mains aussi exercées. Le rapport est terminé par le passage suivant:

« M. Delambre, qui portait à M. Mathieu l'affection
» d'un père et qu'il a chargé en mourant de la publica-
» tion de ses ouvrages manuscrits, lui avait déjà confié
» pendant cinq années consécutives la chaire du Collége
» de France. Depuis 1817 jusqu'en 1822 inclusivement,
» M. Mathieu a fait annuellement les 90 leçons dont le
» cours est composé. Ce n'est donc pas en quelque sorte

» une chaire nouvelle qu'il sollicite aujourd'hui, c'est » une place qu'il remplissait et dont il demande à ne pas » être privé. Les suffrages unanimes des professeurs du » Collége royal prouvent que le zèle et les efforts de » M. Mathieu n'ont pas été infructueux. L'Académie, qui » connaît ses titres, lui sera également favorable. C'est » du moins là le vœu de la Section d'Astronomie. »

(Ce vœu a été rempli dans la séance du 3 février: sur 51 votans, M. Mathieu a réuni 50 suffrages.)

La Section de Chimie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place de membre, vacante dans son sein :

M. Chevreul; MM. Clément et Darcet, sur la même ligne; M. Laugier; MM. Robiquet, Pelletier et Caventou, sur la même ligne.

On discute les titres respectifs de tous ces chimistes.

M. Dupin termine la lecture qu'il avait commencée, dans la précédente séance, de son Rapport *sur les Bateaux à vapeur.*

(Nous n'avons pas aujourd'hui assez d'espace pour donner un extrait de ce Rapport aussi détaillé que son importance l'exige : nous y reviendrons dans le prochain Cahier.)

Sur *une Flamme qui se dégage d'une montagne de l'Asie mineure, près de Deliktash, (l'ancienne Olympus de Strabon).*

On trouve dans Pline le passage suivant :

« Il sort perpétuellement du mont Chimère, près de » *Phaselis*, une flamme qui brûle nuit et jour. »

Pendant que le capitaine Beaufort dressait, en 1811, par ordre de l'amirauté anglaise, la carte de cette partie de l'Asie mineure qu'on appelle maintenant *la Caramanie*, il aperçut la nuit, sur une montagne voisine du village de *Deliktash*, une flamme qu'il alla visiter le lendemain. Voici sa description :

« Après avoir parcouru un espace d'environ deux » milles à partir de Deliktash, à travers une plaine fer- » tile, cultivée en partie, nous montâmes par une vallée » rocailleuse et boisée jusqu'au point d'où la flamme » sort. Nous trouvâmes là un bâtiment ruiné, à l'un des » angles intérieurs duquel était une ouverture d'environ » trois pieds de diamètre, ayant la forme qu'on donne » à la bouche d'un four. C'est de là que la flamme sort; » la chaleur est intense, mais il n'y a absolument aucune » fumée. Des arbres, des broussailles, et toute espèce de » mauvaises herbes, croissent presque au bord de ce » petit cratère. Le sol ne paraît pas ressentir l'effet de » cette chaleur à la distance de quelques *yards*. Le » monticule est composé de petits fragmens de serpen- » tine, parmi lesquels on trouve çà et là des blocs dé- » tachés de roches calcaires; aucune production volca- » nique ne s'aperçoit dans le voisinage. A quelque dis-

» tance, un peu plus bas, sur le flanc du même monticule, » est une autre ouverture par laquelle, suivant toute » apparence, s'échappait, à des époques reculées, une » flamme semblable. Le guide déclara que de mémoire » d'homme on n'en avait vu qu'une, et toujours de la » grandeur et de l'apparence qu'elle a actuellement. » Jamais elle n'avait occasioné ni bruit ni tremblemens » de terre; jamais elle n'avait jeté ni pierres ni vapeurs » malfaisantes. Quelque quantité d'eau qu'on eût jeté » dans l'ouverture, la flamme était restée du même éclat. » Les bergers préparent souvent leurs repas à la chaleur » de cette flamme : ils assurent, avec un grand sérieux, » qu'il ne serait pas possible d'y faire cuire des alimens » qui auraient été volés. »

L'auteur ne doute pas, d'après la comparaison des localités, que la flamme qu'il a visitée ne soit celle dont parle Pline. Cette circonstance ajoute beaucoup de prix à l'observation de M. Beaufort : c'est là du moins ce qui nous a déterminés à insérer ici l'extrait qu'on vient de lire.

M. Beaufort rapporte que le colonel Rooke avait découvert une flamme du même genre à Samos, sur une montagne placée vers la partie occidentale de l'île; mais elle était intermittente, tandis que la flamme de Deliktash offre toujours un éclat invariable et semble produite par un dégagement de gaz constant. A Chittagong, au Bengale, il existe une flamme autour de laquelle on a aussi bâti un temple. Dans les mains des prêtres indous, elle est devenue, suivant le major Rennell, un puissant moyen de superstition.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	753,38	+ 0,5	100	752,86	+ 1,5	100	752,63	+ 1,8	100	753,39	— 0,6	100	+ 1,8	— 1,6	Brouillard épais.	S. très-faible.
2	755,73	— 0,6	100	755,46	+ 3,2	97	755,28	+ 4,9	94	755,92	+ 2,9	100	+ 4,9	— 1,2	Nuageux et trouble	S. E.
3	757,77	+ 3,2	98	757,32	+ 6,9	90	756,36	+ 7,9	90	755,45	+ 4,8	91	+ 7,9	+ 3,1	Nuages.	S. S. E.
4	753,97	+ 2,8	92	752,97	+ 4,2	93	752,90	+ 4,4	95	752,94	+ 4,2	99	+ 4,4	+ 2,6	Très-couv , brouill.	S. E.
5	752,50	+ 3,8	100	753,35	+ 6,2	100	753,33	+ 5,6	99	755,40	+ 3,8	100	+ 6,2	+ 3,4	Très couv. , brouill.	S. S. O.
6	757,80	+ 2,5	100	757,47	+ 5,6	99	757,92	+ 6,8	90	758,12	+ 3,0	94	+ 6,8	+ 1,5	Petits nuages, brouil.	S. S. E. faible.
7	759,24	+ 1,7	98	759,32	+ 4,5	91	759,37	+ 4,5	91	760,35	+ 2,1	94	+ 4,5	+ 1,0	Éclaircies, brouill.	S. E. faible.
8	761,17	+ 1,6	95	760,70	+ 2,9	90	760,49	+ 2,6	91	759,90	+ 1,2	96	+ 2,9	+ 0,9	Quelques éclaircies.	E. N. E.
9	757,74	— 1,5	97	756,56	— 1,5	96	755,40	— 1,8	96	754,27	— 3,9	95	— 1,2	— 3,9	Très-couvert, brouil.	S.
10	757,77	— 3,9	92	751,80	— 1,2	96	751,64	— 0,5	95	751,95	— 2,5	97	— 0,5	— 4,8	Très-couvert.	E. S. E faible.
11	752,68	— 6,6	93	752,22	— 5,0	89	752,37	— 4,5	89	752,80	— 6,6	86	— 4,5	— 7,5	Nuageux.	E. N. E.
12	752,84	— 9,7	92	751,60	— 7,1	85	751,15	— 7,5	..	750,81	— 9,0	82	— 7,0	—10,2	Très-nuageux.	N. E. fort.
13	749,90	— 9,4	86	749,34	— 8,1	81	749,25	— 8,0	82	749,86	—11,7	80	— 8,0	—11,8	Couvert, brouillard.	N. N. E.
14	750,55	—12,7	92	750,10	— 8,0	85	749,57	— 7,7	84	746,35	— 8,5	95	— 7,7	—14,6	Beau.	S S. E.
15	739,64	+ 1,2	99	740,86	+ 1,6	87	742,64	+ 0,3	88	744,54	— 2,0	88	+ 1,6	— 2,7	Très-nuageux.	S. S. O. fort.
16	744,79	— 4,9	92	744,22	+ 0,5	82	743,37	— 0,4	82	743,14	— 4,3	94	+ 0,5	— 5,5	Presque couvert.	O. faible.
17	744,04	— 1,8	98	743,85	+ 1,0	90	743,58	— 0,8	91	743,22	— 3,4	99	+ 1,0	— 3,4	Couvert, neige.	O.
18	743,04	— 3,0	100	743,33	— 0,3	91	742,78	+ 0,6	89	743,60	— 1,5	99	+ 0,6	— 3,5	Nuageux, brouillard.	O. faible.
19	746,59	— 6,5	99	746,52	— 4,4	90	747,42	— 4,2	91	748,98	— 6,0	99	— 4,2	— 6,5	Couv., brouil. épais.	O.
20	750,42	— 5,2	100	750,61	— 3,4	94	750,69	— 3,7	92	751,37	— 6,7	99	— 3,4	— 6,8	Couvert, brouillard.	S. E.
21	753,34	— 4,7	99	753,72	— 3,6	91	754,42	— 2,9	90	755,18	— 4,5	89	— 2,9	— 5,6	Couvert, brouillard.	E.
22	755,81	— 3,1	92	755,28	— 2,4	90	754,01	— 2,5	90	755,17	— 4,5	90	— 2,4	— 4,5	Couvert, brouillard.	E.
23	750,65	— 8,2	90	748,81	— 3,8	79	747,12	— 3,1	80	746,64	— 3,7	99	— 2,7	— 8,8	Couvert, brouillard.	E.
24	748,94	— 3,8	95	750,00	— 2,2	91	750,92	— 2,6	91	753,03	— 5,0	96	— 2,2	— 5,0	Couvert, brouillard,	N. E.
25	751,25	— 0,8	98	750,02	+ 1,8	99	748,07	+ 1,4	100	748,83	+ 1,9	97	+ 1,9	— 2,2	Pluie brouillard.	E. S. E.
26	753,28	+ 3,0	98	753,34	+ 4,5	99	750,80	+ 3,0	96	750,52	+ 1,8	100	+ 4,5	+ 1,8	Couv., brouil léger.	S. O.
27	752,52	+ 1,1	100	751,26	+ 2,6	99	749,60	+ 8,0	100	749,36	+ 7,2	100	+ 8,0	+ 0,5	Pluie, brouillard.	S. E.
28	751,20	+ 6,9	100	750,20	+ 9,8	100	749,27	+ 9,4	100	746,03	+ 6,8	100	+ 9,8	+ 8,0	Couvert, brouillard,	S.
29	743,14	+ 8,0	100	743,16	+11,1	100	742,54	+12,0	95	744,50	+ 8,5	100	+12,0	+ 7,0	Quelques éclaircies.	S. fort.
30	747,70	+ 9,1	100	748,04	+10,5	94	747,82	+10,0	94	745,50	+ 5,5	100	+10,5	+ 5,5	Nuageux.	O.
31	736,37	+ 5,0	100	734,54	+ 7,8	100	733,79	+ 9,2	100	733,87	+ 7,5	100	+ 9,3	+ 4,5	Pluie fine, brouill.	S. E.
1	756,71	+ 1,0	97	755,78	+ 3,2	95	755,53	+ 3,6	94	755,77	+ 1,5	97	+ 3,8	+ 0,1	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	747,51	— 5,9	95	747,27	— 3,3	87	747,28	— 3,6	87	747,48	— 6,0	92	— 3,1	— 7,2	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 3,710
3	749,47	+ 1,1	98	748,94	+ 3,1	93	748,03	+ 3,8	94	747,97	+ 2,0	98	+ 4,2	— 0,1	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 3,260
	751,17	— 1,2	97	750,61	+ 1,1	93	750,21	+ 1,4	92	750,32	— 0,7	95	+ 1,7	— 2,3	Moyennes du mois, —0°,3.	

Sur les Fils très-fins de platine et d'acier; et sur la Distribution du magnétisme libre dans ces derniers.

Par M. Becquerel,
Ancien Chef de bataillon du Génie.

Des Fils de platine.

C'est à M. Wollaston qu'on est redevable de la découverte d'un procédé pour obtenir des fils de platine d'une finesse extrême : ce procédé consiste à fixer un gros fil de platine dans l'axe d'un moule cylindrique creux, que l'on achève de remplir avec de l'argent en fusion, de le tirer à la filière, enfin de dissoudre l'argent dans l'acide nitrique. C'est ainsi que le célèbre physicien anglais est parvenu à avoir des fils de platine de $\frac{1}{1200}$ de millimètre de diamètre.

Diverses expériences m'ayant mis dans le cas d'avoir besoin de fils de platine d'une grande finesse, je les ai obtenus par le procédé suivant : on prend un moule en terre de fondeur, divisé dans son épaisseur en deux parties qui se superposent parfaitement. Dans chacune de ces parties est moulée la moitié du cylindre creux, suivant l'axe duquel le fil de platine doit être fixé. Il résulte de cette disposition qu'en plaçant ce fil au milieu d'une des parties moulées et la recouvrant par l'autre, il se trouve dans la direction de l'axe; alors, coulant l'argent par une ouverture conique pratiquée dans la partie supérieure, on a un cylindre d'argent dont l'axe est le fil de platine.

Le fil ainsi préparé est passé à la filière, on le recuit de temps en temps pour qu'il soit moins cassant. Ensuite, comme l'indique M. Wollaston, on dissout l'argent dans l'acide nitrique étendu d'eau. On évite d'employer l'acide nitrique du commerce, qui contient toujours un peu d'acide hydrochlorique, et donnerait naissance à un chlorure d'argent insoluble, susceptible de s'attacher au platine.

En opérant ainsi, on a des fils de platine d'une ténuité extrême; mais quand on a atteint un certain degré de finesse, il est difficile d'en obtenir d'une grande longueur, et on ne peut en avoir que de très courts. Il paraît qu'on arrive à un certain point où les molécules ne peuvent plus s'écarter sans se rompre; alors elles cèdent entièrement à la force qui tend à les séparer.

On arrive aussi à une limite de finesse où ces fils commencent à perdre leur élasticité, même lorsqu'ils n'ont pas été recuits. Plus on s'éloigne de cette limite en les amincissant davantage, plus cette perte est sensible. On sait que l'élasticité se reconnaît dans un fil à l'isochronisme des oscillations d'un petit levier suspendu à l'une des extrémités, tandis que l'autre est fixe. Quand l'élasticité n'est pas parfaite, les oscillations ne se font plus en temps égaux; alors la torsion d'un certain angle dérange assez l'aggrégation des molécules du fil, pour qu'elles ne reviennent plus à leur position primitive d'équilibre. C'est le moyen dont je me suis servi pour juger des différens degrés d'élasticité des fils de platine.

Des Fils d'acier.

Après avoir obtenu des fils de platine très-fins, j'ai essayé si plusieurs substances métalliques n'étaient pas susceptibles de donner des résultats analogues; l'acier s'est prêté parfaitement à mes recherches. On commence par enchâsser le fil d'acier dans un cylindre d'argent, en suivant la méthode indiquée ci-dessus pour les fils de platine; on tire ensuite le tout à la filière. L'acier, quoique plus dur que l'argent, se tire très-bien à la filière quand il est entouré de ce métal. L'argent ne peut plus être enlevé au moyen de l'acide nitrique, puisque cet acide décomposerait l'acier en dissolvant le fer; il faut donc avoir recours à un autre agent. On se sert pour cela du mercure, qui a la propriété de former un amalgame avec l'argent quand on élève convenablement la température; mais cette opération exige de grandes précautions si l'on veut obtenir les fils d'acier intacts. Il faut d'abord prendre une éprouvette en verre d'environ 2 décimètres de longueur, la faire chauffer fortement, puis la remplir de mercure qu'on a fait aussi bouillir préalablement; on introduit dans l'éprouvette les fils d'acier préparés, après les avoir fait chauffer au rouge dans un tube de verre; on renverse l'éprouvette dans un bain de mercure, et on expose le tout pendant une demi-heure à une température inférieure à celle de l'ébullition du mercure; on laisse refroidir l'appareil lentement; on redresse ensuite l'éprouvette et on en retire les fils d'acier. Si on négligeait quelques-unes de ces précautions, la plus petite quantité d'air ou d'eau qui resterait dans le mercure, sur les parois intérieures de l'éprouvette ou

sur les fils, suffirait pour opérer la combustion de ces derniers. Retirés du mercure avant qu'ils ne fussent refroidis, ils s'oxideraient instantanément au contact de l'air.

L'action de la filière écrouit tellement ces petits fils que même, quand ils ont été recuits, ils sont encore cassans; exposés à la flamme d'une bougie, ils y brûlent à la manière des fils d'acier plongés rouges dans le gaz oxigène. La combustion se communique de proche en proche jusqu'à une certaine distance de la flamme, en lançant de tous côtés de petites aigrettes embrasées.

La disparition des fils d'acier dans le mercure chauffé à 200°, quand il n'était pas privé de son eau hygrométrique, m'avait fait penser que le fer s'était dissous dans le mercure; mais j'ai reconnu directement, par l'expérience, qu'il y avait alors combustion du métal, soit aux dépens de la petite couche d'air qui adhérait à la surface ou aux parois de l'éprouvette, soit aux dépens de l'oxigène de l'eau hygrométrique du mercure.

Ces fils sortent du mercure à l'état magnétique; c'est sûrement dans la filière qu'ils acquièrent cette propriété: l'intensité magnétique est assez forte pour que l'action du magnétisme terrestre les dirige dans le plan du méridien magnétique, quand on les suspend à des fils simples de cocon. Ils deviennent alors de petits aimans doués d'une assez grande sensibilité.

Une ou deux frictions légères avec un barreau aimanté suffisent non-seulement pour changer les poles de ces petits aimans, mais encore pour leur donner un grand nombre de points conséquens. Il faut employer les plus grandes

précautions pour éviter ces points, si l'on veut avoir une distribution régulière de magnétisme.

Distribution du magnétisme libre dans des fils d'acier de $\frac{1}{80}$ de millimètre de diamètre.

Coulomb a cherché la distribution du magnétisme libre dans des fils d'acier d'un petit diamètre, aimantés à saturation par la méthode de la double touche. Il a trouvé que le développement du magnétisme était sensiblement égal et de nature contraire dans les deux moitiés, et qu'il décroissait rapidement sur chacune d'elles, en allant des extrémités vers le centre, de sorte que la plus grande intensité du magnétisme était aux deux extrémités du fil.

Mais cet habile physicien n'a employé, dans ses expériences, que des fils d'acier tirés simplement à la filière; il n'a pu voir, par conséquent, si la loi du développement du magnétisme, qu'il a reconnue dans ces fils, était la même dans des fils d'acier excessivement fins, tirés à la manière des fils de platine de M. Wollaston.

La distribution du magnétisme libre, dans des fils d'une grande finesse, suit la loi que Coulomb a trouvée pour des fils d'acier moins fins; mais pour l'observer, il est nécessaire de faire quelques changemens à la méthode indiquée par ce savant. Il emploie deux moyens pour déterminer la distribution du magnétisme : le premier consiste à suspendre un petit barreau à un fil simple de soie, et à le faire osciller successivement vis-à-vis d'un certain nombre de points de l'aiguille, dans laquelle on veut connaître la répartition du magnétisme. Alors, en retranchant le carré du nombre d'oscillations que fait le

petit barreau dans un temps donné quand il est abandonné à l'action du magnétisme terrestre, du carré du nombre d'oscillations faites par le même barreau lorsqu'il est sollicité à la fois par cette force et par l'action du fil aimanté, on aura une valeur qui mesurera sensiblement l'intensité du magnétisme, au point de l'aiguille qui se trouve à la hauteur du barreau.

La seconde méthode consiste à prendre pour fil de suspension un fil métallique fin qu'on fixe à une de ses extrémités. On attache à l'autre un petit barreau aimanté que l'on présente successivement aux points de l'aiguille soumise à l'expérience, et possédant le magnétisme de même nature que le pole du barreau qui est le plus voisin de cette aiguille : il y a répulsion ; mais, en ramenant cette aiguille dans le plan du méridien magnétique par la torsion du fil de suspension, l'angle de torsion sera une valeur approchée de la quantité de magnétisme libre que possède l'aiguille au point de croisement.

La méthode des oscillations ne peut être suivie pour la recherche de la distribution du magnétisme dans des fils excessivement fins, parce que le barreau formé avec l'un de ces fils possède bien une quantité de magnétisme suffisante pour l'amener dans le plan du méridien magnétique ; mais les oscillations qu'il fait sont si lentes et augmentent si peu de vîtesse quand il est en présence d'une autre aiguille d'acier aimantée de même diamètre, qu'il est impossible d'en rien conclure.

La seconde méthode, modifiée convenablement, peut être employée avec avantage, quoiqu'elle ne donne cependant que des résultats approximatifs : il faut prendre

d'abord pour fil de suspension un fil très-fin de platine. Ces fils, convenablement choisis, ont une force de torsion très-faible et peuvent servir à la mesure de petites forces. On suspend à l'extrémité de ce fil le fil d'acier aimanté, dans lequel on veut connaître la distribution du magnétisme. On lui laisse l'enveloppe d'argent dont il est recouvert, afin de pouvoir agir sur des fils de plusieurs décimètres de longueur; ce qu'on ne pourrait faire avec des fils d'acier simples de cette dimension, vu la difficulté de les maintenir dans une direction rectiligne; de plus, leur extrême légèreté rendrait l'état de repos impossible. L'argent augmente, à la vérité, le poids de ces petites aiguilles, mais n'altère nullement la distribution du magnétisme.

Ensuite, comme l'a fait Coulomb, on dispose l'appareil pour que l'aiguille suspendue soit dans le plan du méridien magnétique quand le fil de platine est sans torsion. Sur la direction du même plan, on place une planchette de deux à trois millimètres d'épaisseur, et de telle manière que l'aiguille vienne s'y appliquer; puis de l'autre côté de cette planchette, qui est mobile, on fixe dans une direction verticale un fil d'acier aimanté d'environ un millimètre de diamètre et de deux décimètres au moins de longueur. Ce fil d'acier présente son pole homologue à l'aiguille horizontale. En faisant mouvoir convenablement la planchette dans le plan du méridien magnétique, on présente à tous les points de l'aiguille suspendue le même pole de l'aiguille verticale. L'aiguille horizontale est d'abord chassée par la répulsion; mais on la ramène par la torsion du fil de suspension dans le plan du méridien magnétique; de sorte qu'il n'y a que

l'épaisseur de la planchette entre les deux aiguilles. Mais, comme l'a observé Coulomb, l'une étant horizontale et l'autre verticale, tous les points qui se trouvent de part et d'autre à une distance plus grande que douze à quinze millimètres du point de croisement ne contribuent que très-peu à la répulsion, à cause de la distance et de l'obliquité des actions; il en résulte que la force de torsion qu'il faut employer pour maintenir l'aiguille horizontale appliquée sur la planchette, doit dépendre des quantités de magnétisme libre qui sont réparties sur les deux aiguilles depuis le point de contact jusqu'à une distance de quelques millimètres de chaque côté de ce point. Cette force de torsion est donc la résultante des actions exercées par les deux aiguilles ; elle est appliquée au point de croisement, et est une mesure approchée de l'intensité du magnétisme de ce point.

Appliquons cette méthode à la recherche de la distribution du magnétisme dans une aiguille capillaire d'acier de 128 millimètres de longueur et de $\frac{1}{80}$ de millimètres de diamètre, et aimantée à saturation par le procéde de la double touche. Supposons que les deux aiguilles se regardent par le côté boréal, on obtiendra les résultats consignés dans le tableau suivant :

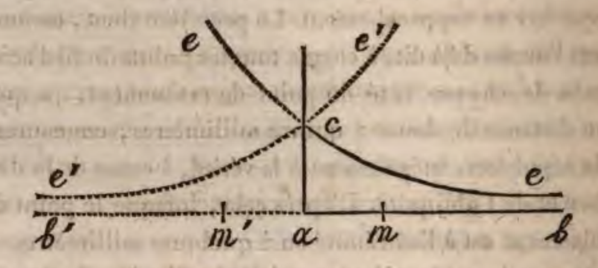
(Tableau 1.)

DISTANCES à l'extrémité boréale, en millim.	ANGLES DE TORSION pour ramener l'aiguille horizontale au contact.
0	 60
5	 35
10	 22
15	 13
20	 9,2
25	.... 4,6.

Les angles de torsion, tels qu'ils sont donnés par l'observation, sont loin d'être des quantités proportionnelles aux intensités de magnétisme libre des points auxquels ils correspondent; il y a deux causes qui concourent à empêcher ce rapprochement. La première tient, comme nous l'avons déjà dit, à ce que tous les points du fil d'acier situés de chaque côté du point de croisement, jusqu'à une distance de douze à quinze millimètres, concourent à la répulsion, inégalement à la vérité, à cause de la distance et de l'obliquité. D'après cela, lorsque le point de croisement est à l'extrémité ou à quelques millimètres de distance, les points situés au-delà du fil, dans le cas où il serait prolongé, devenant assez voisins pour que leur absence soit sensible, la répulsion ne sera donc pas la même que si le fil était continué avec une distribution de magnétisme analogue. Il en résulte, comme l'observe Coulomb, qu'à l'extrémité l'intensité du magnétisme doit être à-peu-près double de ce que donne l'expérience. Si donc on veut que le résultat obtenu dans ce dernier cas soit comparable à ceux que donne le point de

croisement quand il est à quinze ou vingt millimètres des extrémités, il est nécessaire pour cela de doubler le nombre qui représente l'angle de torsion à l'extrémité. Cette correction donne une valeur fort approchée de la vérité.

Cette méthode de trouver par approximation l'intensité du magnétisme au point extrême de l'aiguille donnerait la véritable valeur dans le cas où le fil étant prolongé, la distribution du magnétisme serait décroissante à partir de l'extrémité, suivant une loi entièrement semblable à celle des intensités magnétiques du fil; car soit *ab* le fil, *ee* la courbe dont les ordonnées représentent les intensités magnétiques correspondantes aux différentes abscises du fil; *ab'* son prolongement et *e'e'* la courbe des intensités supposées.



Dans le cas où celles-ci seraient décroissantes, il est bien évident qu'alors la répulsion opérée au point *a* aurait lieu en vertu d'une force double de celle qui exercerait son action, si le fil n'était pas continué, puisque tout est symétrique de part et d'autre de ce point; mais il n'en est pas ainsi, car la distribution du magnétisme est croissante au lieu d'être décroissante; les ordonnées, qui expriment les intensités dans le fil prolongé sont donc plus considérables que les autres; le doublement doit

donc donner un résultat un peu plus faible; c'est ce que M. Biot a fait voir par le calcul. De plus le doublement ne doit avoir lieu que pour le point extrême; car l'erreur serait d'autant plus grande, que le point que l'on considérerait serait plus éloigné de celui-ci. Nous allons tâcher de trouver aussi par approximation l'intensité de magnétisme des points situés à peu de distance des extrémités. La méthode dont nous nous servirons, quoiqu'empirique, donnera des résultats qui approcheront beaucoup des véritables valeurs, comme nous le ferons voir ensuite par le calcul. Au surplus, nous nous en servirons faute de mieux.

Mettons le point de croisement en m, à une distance de l'extrémité moindre que 15 millimètres, et cherchons quelle doit être l'intensité du magnétisme en ce point : supposons, comme tout-à-l'heure, que l'aiguille soit prolongée au-delà de a, avec une distribution de magnétisme qui soit décroissante. Dans ce cas, un certain nombre de points de l'aiguille prolongée contribueront aussi à la répulsion, puisque cette répulsion en m a lieu en vertu des actions exercées par tous les points situés à droite et à gauche de m, jusqu'à une certaine distance d'environ douze ou quinze millimètres. On peut, dans notre supposition, déterminer rigoureusement l'action des points situés au-delà de a, qui concourraient à la répulsion. En effet, plaçons le point de croisement en m', à une distance $am'=am$, l'intensité des actions sera la même en m' qu'en m, puisque la distribution du magnétisme est supposée semblable de chaque côté du point a; il n'y aura de différence que celle qui proviendra du point d'application de la force; mais il est très-facile de faire une correction pour rapporter les actions à un même

point du barreau. Supprimons maintenant le prolongement du fil, et laissons toujours le point de croisement en m', il y aura encore répulsion, qui sera due à l'action d'un certain nombre de points de l'aiguille ab; cette action sera précisément égale à celle qui manquait à la répulsion quand le point de croisement était en m, toujours à la différence près qui provient du point d'application de la force. Il résulte de là qu'en supposant le fil prolongé au-delà de l'extrémité et la distribution du magnétisme décroissante, deux observations en m et m' suffiront pour déterminer l'intensité du magnétisme en m.

Soit donc $2l$ la longueur totale du fil, $am = am' = d$, g la distance du point m au centre de suspension, a l'angle de torsion nécessaire pour maintenir le contact en m, y la quantité angulaire qu'il manque à la répulsion pour représenter une quantité proportionnelle à l'intensité du magnétisme en m. Quand le point de croisement sera en m', l'angle de torsion nécessaire pour maintenir l'équilibre en ce point aura pour expression

$$(a+\gamma)\left(\frac{g+2d}{g}\right),$$

puisque les actions en m et m' sont les mêmes, et que dans l'équilibre du levier les forces sont réciproquement proportionnelles aux bras de levier.

$$(a+\gamma)\left(\frac{g+2d}{g}\right)$$

peut être mis sous la forme

$$a\left(\frac{g+2d}{g}\right)+\gamma\left(\frac{g+2d}{g}\right).$$

Or, le premier terme est donné directement par l'expérience quand le point de croisement est en m, et le second lorsqu'il est en m'. Représentons par y' la valeur de

$$y\left(\frac{g+2d}{g}\right),$$

on aura

$$y=\frac{y'g}{g+2d};$$

donc l'intensité du magnétisme en m aura pour expression

$$\frac{a+gy'}{g+2d},$$

mais les observations ne peuvent être comparables qu'autant que toutes les actions seront rapportées à un même point du levier, à son extrémité, par exemple. Or, l'action magétique en m étant représentée par

$$\frac{a+gy'}{g+2d},$$

en la rapportant au point a, l'expression de son énergie sera exprimée par

$$\frac{\{a(g+2d)+gy'\}(g+d)}{d(g+2d)}.$$

Nous avons supposé, dans tout ce que nous venons de dire, que, si le fil ab était prolongé, les ordonnées, qui représentent les intensités magnétiques de ses différens points, iraient en décroissant, tandis que, pour avoir des résultats exacts, il faudrait que la distribution du magnétisme fût croissante. Mais l'erreur que l'on commet en

aussi les résultats consignés dans le tableau ci-dessus. Ce célèbre physicien a fait voir que, d'après les expériences de Coulomb, la loi des intensités magnétiques pouvait être représentée par l'équation logarithmique

$$y = A(\mu^{x} - \mu^{2l-x});$$

dans laquelle $2l$ désigne la longueur totale du fil aimanté, x la distance rectiligne depuis l'extrémité australe jusqu'au point dont l'intensité magnétique est y. Quand l'aiguille sur laquelle on opère a une grande longueur, on peut négliger

$$\mu^{2l-x},$$

qui est ordinairement une fraction très-petite; alors l'équation des intensités devient

$$y = A\mu^{x},$$

dans laquelle A et μ sont déterminées par deux observations. M. Biot a trouvé une telle concordance entre les résultats de l'expérience indiqués par Coulomb et ceux donnés par cette formule, que l'excès du calcul, ordinairement faible, est tantôt positif, tantôt négatif.

M. Biot a cherché principalement les intensités magnétiques des points situés à plus de 2 centimètres des extrémités, pour éviter les corrections; il pouvait agir ainsi, parce que le développement du magnétisme libre s'étendait dans les fils de Coulomb jusqu'à une distance de six ou huit centimètres. Mais dans les fils très-fins d'acier, dont nous nous occupons, on n'a pas ce même avantage, parce que le développement du magnétisme devient insensible au-delà de trois centimètres. Il a donc fallu découvrir un moyen de trouver par approximation l'inten-

sité magnétique des points situés à peu de distance des extrémités ; c'est ce que nous avons tâché de faire.

Il reste maintenant à faire voir que ces intensités, telles que nous les avons obtenues, sont données par la formule de M. Biot. Si nous prouvons l'identité entre ces deux espèces de résultats, ce sera une preuve que la méthode pratique dont nous nous sommes servis peut être employée à déterminer par approximation les intensités magnétiques des points situés à peu de distance des extrémités.

Déterminons les constantes A et μ, au moyen du quatrième et du cinquième résultat, et prenons 5 millimètres pour unité de longueur, on aura

$$x = 4 \qquad y = 13{,}3$$
$$x = 5 \qquad y = 7{,}6.$$

En substituant successivement ces valeurs dans l'équation

$$y = A\,\mu^x,$$

on en déduira $A = 126{,}6$ et $\mu = 0{,}57$; l'équation des intensités sera donc $y = 126{,}6 . 0{,}57^x$. Faisant successivement dans cette équation $x = 1$, $x = 2$, $x = 3$, on en déduira l'intensité du magnétisme que possèdent les points de l'aiguille qui se trouvent à 5, 10, 15 millimètres de l'extrémité boréale.

(Tableau 4).

DISTANCES à l'extrémité boréale.	INTENSITÉS du magnétisme libre déterminées		EXCÈS DU CALCUL.
	Par l'observation.	Par le calcul.	
0	120	126,6	+ 6,6
5	68,0	71,8	+ 3,3
10	41,0	40,93	+ 0,07
15	24,4	25,78	+ 1,4
20	13,3	13,3	0
25	7,6	7,6	0

On voit que les différences entre les intensités de magnétisme libre données par l'observation, et celles déduites de l'équation logarithmique, sont positives et vont en diminuant, à mesure que les points auxquels ces intensités appartiennent sont plus éloignés des extrémités. Ce résultat est entièrement conforme à ce que nous avons dit plus haut; la méthode pratique, dont nous nous sommes servis pour déterminer les intensités de magnétisme possédées par les points de l'aiguille peu éloignés des extrémités, doit toujours donner des résultats un peu plus faibles que les véritables, et l'erreur que l'on commet doit diminuer à mesure que le point que l'on considère est plus éloigné des extrémités.

D'autres aiguilles très-fines d'acier aimantées à saturation par la méthode de la double touche ayant offert des résultats semblables, soit par l'expérience, soit par le calcul, nous en concluons que la distribution du magnétisme dans des barreaux d'acier d'un diamètre quelconque est conforme à la règle donnée par M. Biot, et toutes les

intensités pour chaque barreau peuvent être déduites au moyen de deux observations de l'équation

$$y = A\mu^{x}.$$

Dans les expériences précédentes nous avons négligé l'action du magnétisme terrestre, parce qu'elle était tout-à-fait insensible, vu le peu d'intensité de magnétisme de l'aiguille. En effet, quand l'aiguille horizontale est chassée par l'action de l'aiguille verticale, celle-ci tend à revenir dans le plan du méridien magnétique, non-seulement par la torsion du fil, mais encore par l'action du méridien magnétique. Or, si l'on cherche séparément la mesure de la force directrice, on voit qu'elle est tout-à-fait insensible dans nos expériences.

Cherchons enfin quelle est la position des poles dans l'aiguille capillaire, dont nous avons déterminé la distribution du magnétisme. Les poles ne sont autre chose que les centres d'action magnétique. Ce centre d'action est analogue au centre de pesanteur dans les corps graves; ainsi il sera placé, comme l'observe M. Biot, sur l'abscisse correspondante au centre de gravité de la courbe des intensités. Or, l'équation de la courbe est

$$y = \frac{B(1 + \mu^{al})}{1 - \mu^{al}} (\mu^{x} \mu^{2l-x});$$

et en désignant par x' l'abscisse de son centre de gravité, comptée de l'extrémité du fil, on aura

$$x' = \frac{-2l\mu^{l} - \dfrac{(1 - \mu^{2l})}{l'\mu}}{(1 - \mu^{l})^{2}},$$

$l'\mu$ étant le logarithme hyperbolique de μ. Quand le

fil est assez long pour que μ^{l} et μ^{2l} puissent être regardés comme très-petits, l'expression de x' se réduit à

$$x' = -\frac{1}{l'\mu};$$

mais comme $l'\mu = M \log. \mu$, $M = 2,302585509$ et $\log. \mu = \log. 0,57 = -0,2441262$, on en déduira $x' = 1,7$. Or, l'unité de mesure étant 5 millimètres, il s'ensuit que, dans l'aiguille d'acier soumise à l'expérience, les poles sont situés à 8$^{mill.}$,5 des extrémités.

NOTE *sur une Matière cristalline qui s'est formée dans une dissolution de cyanogène.*

PAR M. VAUQUELIN.

LA découverte du cyanogène par M. Gay-Lussac a répandu beaucoup de lumière sur les combinaisons de l'acide prussique, auparavant très-obscures, relativement à l'état où s'y trouvait ce dernier.

Depuis, en m'occupant du même objet, j'ai fait voir entr'autres choses que le cyanogène dissous dans l'eau se décomposait en se transformant en acide hydrocyanique, en ammoniaque, en acide carbonique et en charbon azoté qui se dépose sous forme pulvérulente.

Une dissolution très-chargée de cyanogène, que j'avais conservée dans mon laboratoire pendant l'hiver dernier, m'a présenté un phénomène nouveau que le temps ne m'avait pas permis d'observer dans mes premières expé-

riences. Voici le fait : au bout d'environ quatre mois, cette dissolution, devenue légèrement ambrée, déposa des cristaux jaunes orangés dont le nombre augmenta encore pendant quelque temps. Quand cet effet me parut avoir cessé, j'examinai ces cristaux, ainsi que la liqueur qui les avait produits.

Je commence par cette dernière : elle a, comme je l'ai dit plus haut, une couleur ambrée, répand une forte odeur d'acide hydrocyanique ; elle est alcaline ; au moins elle rétablit subitement la couleur du tournesol rougi par un acide : elle précipite le sulfate de fer en bleu verdâtre, que l'addition d'une goutte d'acide sulfurique rend bleu sur-le-champ. Il n'est donc pas douteux, d'après ces expériences, que la dissolution de cyanogène ne se soit convertie en hydrocyanate d'ammoniaque. Elle contenait aussi de l'acide carbonique, car elle précipitait l'eau de chaux.

Passons maintenant à l'examen des propriétés des cristaux dont nous avons parlé, et voyons si à l'aide de ces propriétés nous pourrons remonter jusqu'à leur composition chimique.

1°. Ces cristaux transparens ont une couleur jaune-orangée qui donne une poussière citrine : leur forme est dendritique ; ils n'ont ni odeur ni saveur marquées ; ils sont presque insolubles dans l'eau ; la lessive de potasse n'en dégage rien et ne les dissout point. Le mélange de ces cristaux et de potasse ne donne point de bleu de Prusse avec le sulfate de fer. Les acides sulfurique et muriatique étendus d'eau ne leur font éprouver aucune altération. Placés sur un charbon ardent, ils se volatilisent en répandant une fumée blanche et une forte odeur

d'hydrocyanate d'ammoniaque ; ils laissent une très-petite quantité de matière noire qui ne peut être que du charbon.

Chauffés dans un tube de verre fermé par un bout, et dans lequel j'avais introduit une bande de papier trempé de sulfate de fer, ils ont présnté les phénomènes suivans : bientôt un peu d'humidité a paru, le papier a pris une couleur bleuâtre ; ensuite une matière blanche mate s'est sublimée, et il n'est resté dans le fond du tube que quelques grains noirs. Quand le tube a été ouvert, il s'en est exhalé une forte odeur d'hydrocyanate d'ammoniaque, et la bande de papier, trempée dans un acide léger, a pris une couleur bleue très-intense.

Quant au sublimé blanc, il n'avait ni saveur ni odeur ; il était insoluble dans l'eau : mis sur un charbon ardent, il se réduit en fumée qui a l'odeur de l'acide hydrocyanique. Sa petite quantité ne m'a pas permis d'en pousser plus loin l'examen ; mais je pense qu'il est de la même nature que les cristaux, moins l'humidité.

Quelle est donc la composition de ces cristaux ? Cela n'est pas facile à dire, surtout quand on n'a eu à sa disposition qu'une très-petite quantité de matière.

Cependant, si l'on se rappelle que le cyanogène, formé de carbone et d'azote, en se décomposant dans l'eau, donne naissance à de l'acide hydrocyanique, à de l'ammoniaque, à de l'acide carbonique et à du charbon qui se précipite, et que, dans le cas qui nous occupe, les mêmes effets ont eu lieu, hors seulement la précipitation du carbone, il paraîtra sans doute vraisemblable alors que ce carbone s'est uni avec une portion du cyanogène non décomposé, et qu'il est par là devenu insoluble ;

mais, en se précipitant lentement, il a eu le temps de se combiner avec une petite quantité d'eau et de prendre la forme cristalline; effets dus à la basse température où le cyanogène a été exposé pendant l'hiver : s'il en est ainsi, l'on pourrait appeler cette substance *sous-cyanogène*, *proto-cyanogène*.

C'est sans doute à la petite quantité d'eau de cristallisation que contient cette matière qu'est due la production de l'acide hydrocyanique et de l'ammoniaque quand on la chauffe.

Je crois que c'est la même substance que j'ai signalée dans mon Mémoire sur le cyanogène, en disant que le résidu de la distillation du cyanogène décomposé dans l'eau avait donné, par l'évaporation, des cristaux parmi lesquels il y en avait quelques-uns de jaunâtres. (Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, vol. IX, pag. 116.)

Si je puis me procurer une plus grande quantité de cette singulière matière, je la soumettrai à de nouvelles épreuves pour m'assurer si mon explication est vraie.

Sur *la Préparation de l'iodure de potassium.*

Par M. Caillot, Pharmacien.

Aujourd'hui que l'iodure de potassium est d'un usage fréquent en médecine, il doit être de quelque intérêt pour le pharmacien d'avoir, pour le préparer, un procédé plus simple que ceux employés jusqu'à ce jour. Celui que je propose consiste à combiner d'abord l'iode

avec le fer et à décomposer l'iodure qui en résulte par le carbonate de potasse. Voici la manière de l'exécuter :

Je prends 4 parties d'iode, 2 de limaille de fer non rouillée et environ 20 d'eau; je mets ces trois substances dans une capsule en verre ou en porcelaine, en commençant par l'iode et l'eau; je remue jusqu'à ce que la liqueur, qui devient bientôt d'une couleur brune foncée, soit incolore; alors je place la capsule sur le feu, et lorsque le liquide est en ébullition, j'y verse peu à peu, en agitant à chaque fois, une dissolution de sous-carbonate de potasse pur, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de précipité; ou bien j'ajoute un léger excès de carbonate de potasse que je sature avec de l'acide hydriodique après avoir filtré. Je décante sur un filtre, et je lave le résidu tant que l'eau de lavage précipite par le deuto-chlorure de mercure; je réunis toutes les liqueurs, et je fais évaporer à pellicule.

Le même procédé peut être appliqué à la préparation des iodures de sodium, de magnésium, de calcium, de barium et de strontium, c'est-à-dire, en faisant bouillir l'iodure de fer avec la magnésie, la chaux, la baryte, la strontiane ou les sous-carbonates de ces bases.

On peut aussi préparer les iodures de mercure en décomposant le proto-nitrate de mercure et le deuto-chlorure par l'iodure de fer liquide, qui, comme on vient de le voir, peut être fait extemporanément.

En m'occupant de la préparation des iodures solubles que je viens de citer, j'essayai leur action sur le cyanure de mercure : tous, et de plus l'hydriodate d'ammoniaque, ont la propriété de s'y combiner, et de donner lieu à des composés qui sont plus ou moins solubles.

SUR *la Chambre claire* (camera lucida).

Par le Professeur J. B. AMICI, de Modène.

(Traduit de l'italien.)

LA *camera lucida*, invention ingénieuse du Dr Wollaston, membre de la Société royale de Londres, est une petite machine aussi utile aux personnes très-exercées dans l'art du dessin qu'à celles qui n'en connaissant pas les principes desirent néanmoins, soit pour étudier ou s'amuser, prendre les contours d'un tableau, faire l'esquisse d'un paysage ou de quelqu'autre objet que ce soit. Quoique cet instrument soit, par beaucoup de raisons, supérieur à tous ceux qui ont été jusqu'à présent inventés pour tracer sur le papier une figure semblable à celle que présente à l'œil du spectateur un objet donné, on remarque cependant dans la pratique un défaut qui rend l'instrument moins précieux, bien qu'il puisse être atténué par l'exercice. Ce défaut consiste dans les apparitions et les disparitions alternatives de la pointe du crayon à l'aide de laquelle on dessine l'image qui semble peinte sur le papier.

Pour voir comment cela arrive, on examinera la figure *I* dans laquelle *ABCD* représente le prisme quadrangulaire de verre qui constitue la chambre claire. L'œil situé en *O* aperçoit, moyennant les deux réflexions produites par les faces *DC*, *CA*, un objet posé en *Q*, et le rapporte en *P* dans la direction des rayons réfléchis par la seconde surface, ainsi que c'est indiqué dans la même figure. Plaçant ensuite la pupille,

comme on le fait dans l'instrument, près de l'arête *A* du prisme, de manière qu'elle soit partagée en deux parties égales, on voit en même temps l'objet *Q* projeté en *P*, sur un plan, et la pointe du crayon destiné à suivre les contours. Il résulte évidemment de cette disposition que, quand le segment de la pupille qui regarde directement le crayon est grand, celui-ci se montre distinctement, tandis que l'image qui doit être copiée est faible; cette image, au contraire, devient brillante et le crayon s'obscurcit, à mesure qu'une plus grande portion de la pupille correspond au prisme. Un petit mouvement de l'œil peut donc successivement occasioner la disparition de l'image ou celle du crayon, et laisser ainsi dans une incertitude et une fatigue continuelles la vue de ceux-là même qui ont le plus l'habitude de cet instrument.

Dans l'automne de 1815 on acheta à Paris, pour le cabinet de physique de cette université, une *camera lucida* construite par M. Dumotiez. Ce fut après avoir vu cet instrument et après avoir examiné son mérite et ses défauts avec LL. AA. RR. les princes Maximillien et Ferdinand d'Autriche d'Est, que j'essayai de l'améliorer.

En pensant au moyen qu'on pourrait employer pour détruire le défaut que j'ai signalé, j'eus l'idée d'une nouvelle construction que je fis aussitôt exécuter dans mon atelier, et qui répondit parfaitement à mes espérances: car elle avait une supériorité très-sensible sur la *camera lucida* ordinaire. Elle consiste simplement en un miroir de métal *A B C* (fig. 2), dont la surface polie *A B* est inclinée de 135 degrés à la surface plane *D C* d'un verre *D C F E* à faces parallèles. Ici les rayons *R M* de

l'objet que l'on veut copier rencontrent le miroir métallique, qui les renvoie sur la surface antérieure du verre plan, où, réfléchis une seconde fois, ils prennent la direction *PO* perpendiculaire à *RM* : alors l'œil situé en *O* rapporte l'objet éloigné en *Q* à la surface d'une feuille de papier sur laquelle il peut être dessiné avec une grande facilité, puisqu'on voit clairement à travers le verre à faces parallèles.

Comme la totalité de la pupille correspond au verre plan, il n'y a plus ces incommodes alternatives de disparitions et de réapparitions du crayon; dans ce nouvel arrangement on voit toujours sa pointe avec une grande netteté, alors même que l'œil se déplace sensiblement, et l'on peut dessiner avec beaucoup de facilité les parties les plus petites et les plus délicates de l'image.

Dans la nouvelle comme dans l'ancienne construction, une lentille concave ou convexe est nécessaire pour voir simultanément et d'une manière distincte la main qui est près de l'œil et l'image de l'objet situé à une plus grande distance. Si l'on fait usage de la lentille concave, on doit la placer devant le miroir métallique, afin que les rayons qui viennent de loin prennent un degré de divergence égal à celui des rayons plus voisins qui proviennent du crayon. Quand on se sert de la lentille convexe, il faut la placer au-dessous du cristal, vers le papier, pour diminuer la divergence des rayons qui partent de celui-ci. Il sera, dans l'un et l'autre cas, nécessaire, pour l'exactitude du dessin, de hausser ou d'abaisser convenablement, suivant le cas, le petit appareil. La règle à suivre, si l'on veut connaître cette juste distance, est de marquer sur le papier bien assujetti, un point particulier

de l'image; d'y amener la pointe du crayon; de faire mouvoir ensuite l'œil en divers sens, et de rechercher si, durant ces mouvemens, la pointe s'éloigne de l'endroit auquel elle semblait d'abord correspondre. Si on n'aperçoit pas de changement, l'appareil est bien disposé; au contraire, l'instrument sera trop haut ou trop bas s'il existe une parallaxe, c'est-à-dire, un changement de position relative entre le crayon et le point qu'on lui compare, durant les divers mouvemens de l'œil.

On pourrait croire, d'après cette circonstance, qu'il ne serait possible de dessiner un objet donné, avec la camera, que dans une certaine dimension; mais si l'on réfléchit qu'il n'est pas nécessaire, pour la vision simultanée et suffisamment distincte de l'image et du crayon, que les rayons respectifs aient un degré de divergence mathématiquement égal; qu'on est maître de se servir de lentilles de différens foyers, et que l'appareil peut être graduellement rapproché ou éloigné de toute espèce de corps, il paraîtra évident qu'il est toujours possible de former ainsi des dessins en différentes proportions avec les dimensions réelles des objets; et cela non-seulement plus petits, mais encore, dans quelques cas, égaux et même plus grands.

Quand la copie doit être égale à l'objet, il n'est besoin d'aucune lentille: elles seraient même nuisibles, puisque l'œil devant se trouver à une égale distance de l'objet et du papier, les rayons qui émanent de ces deux corps ont déjà naturellement un égal degré de divergence.

Pour faire un dessin plus grand que l'objet, on placerait une lentille convexe en avant du miroir réfléchissant, et

l'on arrangerait convenablement la lentille concave au-dessous du verre à faces parallèles.

Le bon effet de cet instrument dépend, en partie, d'une exacte disposition des lentilles, mais surtout d'une proportion bien graduée entre la lumière du papier et celle de l'image qui se projette sur sa surface.

Un objet trop lumineux laisse le papier dans l'obscurité, et empêche de voir le crayon. Quand celui-ci, au contraire, est trop éclairé, l'image paraît trouble, et disparaît même quelquefois entièrement. Il faut un soin tout particulier pour bien graduer la lumière. Si on doit dessiner des objets renfermés dans un appartement, tels que des tableaux, des statues, des machines; si l'on doit faire des portraits, le meilleur moyen est d'exposer ces objets à la grande lumière venant d'une fenêtre, près de laquelle on se place soi-même, mais en lui tournant le dos. Dans une telle position, le dessinateur peut, en se courbant plus ou moins et avec l'aide de la main libre, laisser tomber sur le papier, tout juste la quantité de lumière qu'il faut pour qu'on aperçoive simultanément et avec netteté l'image et le crayon. Quant aux objets extérieurs, tels que la façade d'un palais, un paysage, etc., on règle la lumière en approchant plus ou moins l'appareil de la fenêtre par laquelle on regarde: toutefois, comme, en raison des positions diverses que prend le soleil, l'image qu'on veut dessiner peut devenir trop vive, j'ai ajouté à ma *camera* un verre coloré qui peut se mettre devant le miroir. Ce verre mobile étant susceptible de passer sous le verre plan, servira aussi, si l'on veut, à atténuer la lumière qui frappe le papier. Cependant, de ce côté-là, un petit excès d'éclat n'est

jamais nuisible, puisque le dessinateur peut toujours obscurcir le papier en approchant convenablement la main gauche de l'endroit où la pointe du crayon paraîtra trop éclairée relativement à l'image que l'on dessine. Cette précaution est nécessaire, soit à cause de l'inégale clarté qu'ont les différentes parties de l'objet, suivant qu'elles sont dans l'ombre ou exposées à la lumière, soit à cause de leurs diverses nuances. Afin que ceux qui desireraient construire des chambres claires semblables aux miennes puissent le faire, je mets sous leurs yeux la figure 4, qui les représente de demi-grandeur naturelle; et comme la seule inspection suffit pour montrer toutes les parties dont elles se composent, je donnerai seulement ici quelques avis sur les meilleurs effets que ces instrumens puissent produire.

Premièrement, je ferai remarquer que les artistes ne parviennent qu'avec la plus grande difficulté à rendre les deux faces du miroir de verre parallèles : or, il suffit qu'il y ait entre ces faces la plus légère inclinaison pour que les réflexions produites à la première et à la seconde ne coïncident pas ; ce qui enlève à l'image de l'objet observé toute sa netteté. J'ai paré à cet inconvénient de la manière la plus commode et la moins coûteuse, en me servant de fragmens de glaces françaises : elles sont en effet assez limpides et assez planes pour l'objet auquel on les destine.

Dans ces fragmens de glace on peut, à cause que leur épaisseur est d'environ 3 lignes, détruire entièrement la seconde réflexion, en rendant opaque, dans une étendue convenable, la face sur laquelle cette réflexion a lieu. Supposons en effet que *AB*, fig. 3, représente le faisceau de lumière partant de l'objet éloigné, qui, après avoir

rencontré le miroir métallique en B, vient frapper le verre plan au point C. Là, une portion du faisceau se réfléchit suivant CH, tandis qu'une autre partie réfractée en CD éprouve à son tour une réflexion sur la seconde face, et sort dans la direction FG, qui ne formerait aucun angle avec CH dans l'hypothèse d'un exact parallélisme entre les deux faces du verre. Alors aussi les images de l'objet éloigné produites par les deux réflexions coïncideraient parfaitement; mais si l'on ne veut pas admettre la supposition d'un exact parallélisme entre les deux faces du cristal, il n'en demeurera pas moins évident que le faisceau FG se trouvant assez distant de CH à cause de l'épaisseur du verre, on sera le maître de se débarrasser entièrement des fâcheux effets qu'il pourrait produire, en dépolissant la portion DM qui ne sert à rien.

Cette opération se fait avec précision quand l'instrument est déjà achevé : regardant alors le verre à quelque distance, on y voit deux images du miroir métallique, l'une plus lumineuse, provenant de la surface antérieure, l'autre moins intense produite par la seconde surface. C'est cette dernière qu'il faut détruire : or, on y parvient en dépolissant la partie de la surface sur laquelle s'opère la réflexion. Ce travail s'exécute peu à peu et en répétant de temps à autre l'observation dont nous venons de parler, afin que la partie opaque ne s'étende pas plus loin qu'il n'est nécessaire.

J'ai dit que l'observateur ne voit qu'un seul point dans le cas du parallélisme des faces, quoique les rayons qui entrent dans son œil aient été réfléchis, les uns sur la première et les autres sur la seconde

surface du verre plan ; mais ceci ne doit s'entendre que du cas où l'objet est assez éloigné pour qu'on puisse regarder tous les rayons incidens comme parallèles. En effet, un faisceau cylindrique de lumière provenant d'un point éloigné, après avoir éprouvé diverses inflexions à sa rencontre avec le miroir de verre, se résout en deux faisceaux cylindriques parallèles qui ne peuvent évidemment donner sur la rétine qu'une seule image de ce point. Mais quand l'objet est assez près pour que les rayons doivent être considérés comme divergens, la chose est toute différente : les cylindres lumineux deviennent alors des cônes à axes parallèles : or, si l'œil est disposé de manière à voir distinctement l'objet rapproché, chacun de ces cônes fournira une image particulière du point rayonnant, et ces images ne seront pas superposées, le lieu de réunion des faisceaux divergens ne pouvant être celui des faisceaux parallèles. De là résulte la nécessité d'exclure par les moyens que j'ai indiqués la réflexion de la seconde face, quand même elle serait parfaitement parallèle à la première.

Le verre plan doit avoir toute la longueur *FD*, comme dans la figure 2, par deux raisons : d'abord, parce que le miroir métallique étant un prisme isocèle rectangulaire, le plan *CB* s'adapte parfaitement sur le plan *CD*, d'où résulte l'angle *ABD* de 135°, et que les deux morceaux ainsi réunis peuvent être bien assemblés dans la monture de cuivre ; secondement, à cause que si le verre était tronqué dans la partie où il touche au miroir de métal, les rayons qui font voir le crayon n'arriveraient pas à l'œil quand on regarderait très-obliquement dans le miroir pour découvrir les objets les plus élevés.

Si l'on applique la pupille à l'instrument pour observer les objets qui, dans le champ de la vision, se trouvent dans les parties les plus élevées, on aperçoit en même temps l'image renversée de ces objets produite par la seule réflexion du miroir métallique. Cette image se confond avec l'image directe, l'affaiblit, et empêche de la dessiner. On évite cet inconvénient à l'aide d'une petite plaque *AB* de cuivre noircie (*voyez* la fig. 4), qui passe sur le miroir métallique de manière à arrêter les rayons supérieurs qu'une seule réflexion ramènerait vers l'œil. Toutefois, il ne faut pas que cette languette soit trop avancée, puisqu'elle rétrécirait le champ de la vision. Il est facile de déterminer par expérience l'extension qu'elle doit avoir : on lui donne d'abord de trop grandes dimensions, et ensuite, avec la lime, on la ramène dans les vraies limites.

On pratique dans la pièce de cuivre une ouverture quadrangulaire où l'œil doit être appliqué. Le petit côté est seulement plus large que la pupille ; le grand a toute l'étendue nécessaire pour voir, de bas en haut, autant d'objets que possible, c'est-à-dire, qu'il commence là où la pièce touche la surface supérieure du verre, et qu'il s'étend jusqu'au point d'où, à cause de l'obliquité, on ne peut plus voir l'image du miroir métallique dans le verre plan.

Je ne dois point taire ici que le célèbre D[r] Wollaston avait déjà conçu le projet de combiner un verre plan avec un miroir étamé sous l'inclinaison de 135°, et que cela même fut le principe qui le conduisit plus tard à la découverte du prisme à laquelle il donna la préférence. Cette idée est en effet consignée dans son Mémoire ;

mais je l'ignorais entièrement quand je fis mes premières tentatives. Au reste, elle a été abandonnée dès sa naissance, et peut-être que les artistes ne l'ont pas suivie, à cause de l'apparente difficulté d'exclure dans ce système toutes les images séparées qui troublent la vision. Le verre étamé donne, en effet, deux images de l'objet, qui sont converties en quatre par la seconde réflexion sur les faces du verre plan. Ainsi je me flatte d'avoir fait une chose utile en exécutant et décrivant la *camera lucida* améliorée.

Je pense que si l'ingénieuse idée qui s'était présentée en premier lieu au Dr Wollaston avait été mise en pratique avec les précautions que j'ai indiquées, il n'aurait pas hésité lui-même à lui donner la préférence. La réflexion intérieure de son prisme quadrangulaire est à la vérité beaucoup plus vive que la réflexion qui a lieu à la surface antérieure du verre plan ; mais dans le premier cas on ne reçoit qu'un faisceau de rayons correspondant au petit segment de la pupille qui se trouve en face du prisme ; tandis que, dans l'autre construction, la pupille agit en raison de toute son étendue. Cette circonstance, jointe à la grande obliquité sous laquelle s'opère la réflexion dans le verre plan, fait que les objets ne manquent pas d'un éclat suffisant quand on les observe à l'aide de cette nouvelle espèce de camera : il arrive même souvent qu'en copiant des paysages, la lumière de l'image est trop intense, et qu'il faut l'affaiblir par l'interposition d'un verre coloré.

J'avais déjà écrit la description de cette première chambre claire lorsque de nouvelles recherches m'ont montré que d'autres combinaisons de verres, de prismes

et de miroirs, offrent divers avantages, sous le double rapport d'une plus grande étendue du champ de la vision et d'une plus grande facilité dans les applications. Je vais donner quelques détails sur celles de ces machines que j'ai exécutées.

Je ferai remarquer d'abord qu'au lieu de combiner, comme précédemment, le verre plan avec le miroir métallique sous l'angle de 135°, il est mieux de les placer sous une inclinaison de 45° seulement, en tournant le verre du côté de l'objet; alors les rayons traversent ce verre avant d'atteindre le miroir métallique; mais, dans le passage, ils n'éprouvent que très-peu d'affaiblissement. Dans ce mode de construction, le champ de la vision, de haut en bas, est considérablement agrandi, comme il est facile de s'en convaincre sans autre détail.

La figure 5 représente la coupe de cette seconde espèce de camera lucida. On y voit que le rayon *RM*, partant de l'objet *R*, après avoir traversé le verre *ABDC*, rencontre en *M* la surface polie du miroir métallique *FGED* qui fait avec *BD* l'angle invariable *BFG* de 45°. Là, ce rayon se réfléchit suivant *MN*; ensuite il éprouve en *N* sur le miroir de verre une seconde réflexion qui lui donne une direction *NO* perpendiculaire à *RM*; l'œil, situé en *O*, voit donc le point *R* projeté en *X*, et à travers le verre, la main placée en dessous qui doit opérer.

Dans la figure 5, on a donné au verre plan une longueur *BD* très-supérieure à la hauteur *FG* du miroir métallique. Cette longueur n'est pas dépourvue d'utilité en ce qu'elle permet d'observer dans le verre, sous des

directions fort obliques, et de recevoir une plus grande quantité de lumière.

Le verre plan transmet plus ou moins de rayons suivant les inclinaisons; mais ceci, loin d'être un inconvénient, est plutôt un avantage, puisqu'à l'aide du simple mouvement de rotation de l'appareil et sans aucun verre coloré, on peut donner à l'image l'éclat qui convient. La lumière diminuant, aussi, graduellement vers les parties élevées des objets observés, le dessin d'un paysage ou d'un bâtiment en devient plus facile à faire; car sans cela il pourrait arriver, au moment de tracer une partie du contour, que le crayon disparût à raison de la trop grande clarté du ciel sur lequel il se projetterait.

Dans la construction présente, comme dans l'autre, le verre plan produit deux réflexions; mais la seconde ne peut pas se détruire par l'obscurcissement de la face *A C*, puisqu'on arrêterait ainsi les rayons qui doivent arriver à l'œil par transmission; toutefois on empêchera l'image formée sur cette face d'entrer dans la pupille, en donnant au verre une épaisseur convenable.

Pour rendre les deux faces du verre parfaitement parallèles, auquel cas, comme je l'ai déjà dit, les objets éloignés ne paraissent pas doubles, j'ai construit un prisme triangulaire de verre; je l'ai scié par le milieu, et j'ai réuni ensuite les deux parties en combinant les faces correspondantes de manière à former un parallélipipède; donnant alors aux prismes un léger mouvement de rotation, j'ai trouvé aisément la position dans laquelle les faces opposées ne sont point inclinées l'une relativement à l'autre. Il est convenable de faire observer que la face postérieure de ce parallélipipède ne réfléchit pas d'image, ou

du moins le fait si faiblement, à cause de la forme prismatique des deux segmens dont il se compose, qu'il ne peut en résulter aucune confusion dans l'image produite par la face la plus voisine de l'œil.

Le verre plan, dont nous avons tant parlé, peut être remplacé par un petit miroir métallique incliné au grand sous l'angle de 45°; ce qui forme une troisième espèce de *camera lucida.* Ce second miroir, de figure elliptique, doit être plus petit que la pupille, et supporté par un fil délié d'acier qui l'isole. Moyennant cette construction, les rayons, partant de l'objet qu'on veut représenter, arrivent librement au grand miroir, d'où ils sont réfléchis sur le petit en face duquel l'œil est placé de manière à voir l'image et en même temps le papier destiné á recevoir le dessin. On peut reprocher, avec quelque raison, à cette disposition, les défauts que nous avons remarqués dans celles où entre un prisme; mais toutefois ils sont un peu diminués, car on voit le crayon à l'aide d'un anneau extérieur de la pupille; et un mouvement de l'œil, dès qu'il ne surpassera pas la largeur de cet anneau, laissera la même portion de pupille libre pour observer directement ce crayon.

Par la combinaison d'un prisme de verre et d'un miroir de métal, j'obtiens une quatrième espèce de *camera lucida.* Voici sur quels principes elle est construite: *ABC* (fig. 6) représente un prisme isocèle de verre, rectangle en *B*; la face *BC* est parallèle au miroir métallique *MN*, et en est un peu éloignée; une fente d'une moindre largeur que le diamètre ordinaire de la pupille, règne au milieu de ce miroir, suivant la direction longitudinale *MN*; alors les rayons

de l'objet éloigné *Q* entrent en quelque point de la face *AB*, se réfléchissent sur *AC*, sortent par *BC*, et vont rencontrer la surface polie du miroir qui les renvoie de bas en haut. L'œil situé vers *P* voit l'objet éloigné projeté en *X* sur le papier, pendant qu'à travers la fente du miroir il aperçoit en même temps la main qui doit dessiner. On remarquera ici que les défauts reprochés à la construction du Dr Wollaston sont un peu diminués. Supposons, en effet, que *RS* (fig. 7) représente la pupille placée sur la fente *XY* du miroir métallique ; il est clair que l'œil pourra faire de petits mouvemens vers la droite ou vers la gauche, sans que cela amène de changement sensible ni dans la clarté de l'objet ni dans celle du papier ; quant au mouvement dans le sens *XY*, il n'occasione absolument aucune variation. Au reste, cette construction remédierait à peine aux défauts des camera ordinaires, qu'il faudrait encore l'adopter, tant à cause du grand champ qu'elle permet de découvrir, qu'à raison de l'usage qu'on peut en faire, comme micromètre, en l'appliquant aux microscopes et aux télescopes, ainsi que je me propose de le faire voir dans une autre occasion.

J'ai adopté un prisme triangulaire de verre, au lieu d'un miroir métallique, pour rendre le champ de la vision plus étendu ; et l'on en concevra facilement la raison, en remarquant qu'un miroir de métal ne pourrait produire l'effet du prisme que s'il était placé en *AC*. Or, ce miroir cesserait de réfléchir les rayons dès qu'ils seraient parallèles à sa surface, tandis que la base du prisme, à raison de la réfraction opérée en *AB*, peut réfléchir non-seulement les rayons qui originairement

lui étaient parallèles, mais encore ceux dont la direction primitive formerait avec *AC*, et par-dessus, un certain angle.

Puisqu'un prisme triangulaire et isocèle de verre peut faire l'office d'un miroir plan métallique, il vaut mieux adopter le prisme, soit à cause de la plus grande proportion de lumière qu'il réfléchit, soit à raison de son inaltérabilité. J'ai donc pensé à le combiner avec un verre à faces parallèles; et il en est résulté un cinquième petit appareil, qui est même préférable à celui que j'ai décrit en premier lieu, et dans lequel un miroir de métal était combiné avec un simple verre plan à faces parallèles.

La figure 8 représente la coupe de cette camera. *ABC* est le prisme de verre isocèle; la base *AB* fait un angle de 45° avec le verre plan *MN*. Dès-lors, le rayon incident *P* pénètre dans le prisme par la face *AC*, se réfléchit sur *AB*, sort par la face *CB*, et arrive à l'œil *O* après s'être réfléchi à la rencontre de *MN*. Il est convenable, dans la combinaison actuelle, que le prisme ne soit pas rectangle en *C*; car alors l'œil, s'avançant jusqu'en *R*, verrait une seconde image directe des mêmes objets produite par la réflexion intérieure des faces du prisme. Pour éviter cet inconvénient, il faut faire l'angle *C* un peu moindre qu'un angle droit; couvrant alors la partie supérieure *CN* avec une lame de cuivre percée de la seule fente par laquelle on doit regarder, on intercepte les rayons étrangers qui, après avoir rencontré la surface antérieure du prisme, se réfléchiraient vers l'œil.

Dans un de mes voyages, je portai avec moi un instrument de cette dernière espèce, et j'eus l'occasion, à Florence, à Rome et à Naples, de le comparer avec des

camera lucida construites en Angleterre et en France sur le principe du Dr Wollaston. Il en est résulté que toutes les personnes qui ont fait l'expérience, soit qu'elles fussent très-habiles ou peu exercées dans l'art du dessin, traçaient des contours avec une grande facilité et beaucoup d'exactitude à l'aide de ma machine, et qu'elles réussissaient à peine en se servant de celle qui renferme le prisme quadrangulaire.

M. Lafore présenta à l'Académie des Sciences un pantographe avec lequel il dessinait des statues, et qui lui paraissait préférable à la camera lucida de M. Wollaston. M. Arago lui fit remarquer que ce dernier appareil est surtout précieux par la petitesse de ses dimensions, et que s'il n'est pas plus fréquemment employé, c'est qu'il exige quelque habitude.

Je suis entièrement de l'opinion de M. Arago; mais on doit convenir qu'on ne peut exiger les études qui seraient nécessaires, de la plupart des personnes qui ont besoin d'employer la camera lucida pour dessiner. Je me flatte donc qu'ayant fait disparaître le principal obstacle qu'on rencontrait dans l'emploi de ce petit appareil, il sera désormais généralement adopté; aussi c'est pour moi un grand sujet de satisfaction, que de voir la fabrication des camera lucida de la forme décrite en dernier lieu, établie dans diverses villes d'Italie, et en particulier à Naples, où on les exécute avec une perfection remarquable sous la direction de M. le professeur de Conciliis.

A mon avis, la camera lucida est supérieure à toute espèce de pantographe, non-seulement à cause du peu d'espace qu'elle occupe, mais encore parce qu'en employant le pantographe, le crayon ne trace les lignes ni

avec la précision ni avec la délicatesse dont la main seule est susceptible ; et que d'ailleurs on n'obtient ainsi que les contours sans aucune apparence de teinte. Avec la camera lucida, l'observateur voit le coloris et les ombres de manière à pouvoir former une copie qui soit en tout semblable à l'original. Je ne prétends point cependant qu'on puisse ombrer le dessin sans ôter l'œil de la machine ; mais l'artiste aura la faculté de tracer çà et là les teintes qui lui paraîtront convenables : ensuite la comparaison de la copie avec l'image se fera d'autant mieux qu'on pourra les mettre presque en contact, et les moindres dissemblances dans les ombres ou dans les teintes se remarqueront aisément. Cette propriété de la camera lucida est très avantageuse au paysagiste, au faiseur de portraits, au dessinateur d'histoire naturelle, et en général à tous ceux qui se proposent de représenter exactement la nature, quelque habileté qu'ils aient d'ailleurs dans l'art, considéré en lui-même.

La camera lucida peut être encore d'un grand secours au lithographe pour dessiner promptement sur la pierre même la copie exacte d'un original quelconque qu'on veut publier à peu de frais : l'avantage sera même plus grand dans ce cas, si, au lieu des camera lucida à deux réflexions, qui redressent les images des objets, on se sert d'une réflexion unique produite à la surface d'un verre à faces parallèles, ou sur un petit miroir métallique d'un diamètre inférieur à celui de la pupille, ou enfin sur un miroir également métallique, mais offrant une fente dans son milieu. Alors le dessin sur la pierre sera naturellement dans cette position inverse qu'il est nécessaire de lui donner, quand on veut que les épreuves

soient, de forme et de position, semblables à l'original.

Mais, pour faciliter ce dessin, il faut distinguer deux cas, suivant que les originaux sont de nature à être renversés ou non. Quand ils appartiennent à la première classe, la pierre destinée à recevoir le dessin et à tirer peut être horizontale ou oblique; dans l'autre cas, il convient de la placer verticalement. Supposons qu'un tableau retourné soit suspendu au mur d'une chambre et que la pierre soit horizontale : si on incline le miroir de métal ou de verre, de manière qu'il fasse un angle de 45° tant avec le plan horizontal qu'avec le plan vertical, l'image du tableau se projettera sur la pierre dans la position directe, considérée de bas en haut, mais dans une position renversée, et c'est celle qui convient au graveur, eu égard aux parties latérales. Si le tableau ne pouvait pas être renversé, la disposition précédente ne serait pas favorable. Alors, en plaçant la pierre verticalement et dans une direction perpendiculaire au tableau qu'on suppose déjà vertical, on obtiendrait l'effet désiré, puisque le miroir aurait la même inclinaison relativement aux deux plans du tableau et de la pierre : dans cette position du miroir, la réflexion ne changerait rien à l'image dans la direction verticale, et la retournerait seulement dans le sens de la largeur.

Il n'est pas absolument nécessaire que la pierre soit horizontale ou qu'elle fasse un angle droit avec le plan dans lequel se trouve l'objet qu'on veut copier; mais elle peut faire encore un angle aigu, et même, quand on a recours à la réflexion d'un verre, cette disposition est préférable, puisque l'angle de réflexion étant très-

petit, le verre renvoie une plus grande quantité de lumière. Il convient cependant d'avertir que, pour ne point déformer les dessins, l'obliquité du cristal doit être réglée de manière que le rayon qui, partant de l'objet et allant au miroir, est perpendiculaire au plan du tableau, soit projeté perpendiculairement au plan de la pierre.

Nous nous sommes déterminés à publier une traduction complète du Mémoire de M. Amici, dans la persuasion où nous sommes que la *camera lucida* est l'instrument le plus commode et le plus parfait qu'on ait imaginé jusqu'ici pour tracer avec fidélité sur le papier les contours d'un édifice, d'un monument, etc., etc. Nous connaissons des savans qui se servent avec beaucoup de succès de ces instrumens, dans la forme que M. Wollaston a adoptée; mais ils n'ont acquis cette habileté qu'au prix d'une assez longue expérience. Les camera décrites par M. Amici sont décidément d'un usage plus facile; il n'est personne qui, en se conformant aux précautions que ce physicien indique, ne puisse dès son premier essai copier avec exactitude le dessin le plus compliqué.

On pourra se procurer toutes ces variétés de camera lucida chez M. Lerebours, opticien du Bureau des longitudes, place du Pont-Neuf, à Paris.

Note sur les Eaux sulfureuses de Barèges, Cauterets et Saint-Sauveur (Hautes-Pyrénées).

Par M. Longchamp.

Les eaux sulfureuses des Hautes-Pyrénées sont très-peu chargées de principes fixes ; car celles qui en contiennent le plus ne laissent après l'évaporation à siccité qu'un résidu qui est à peine la trois mille quatre centième partie de l'eau évaporée.

Ce résidu se compose de sous-carbonate de soude, d'hypo-sulfite de soude, de muriate et de sulfate de la même base, d'un peu de sous-carbonate de chaux et de magnésie, d'une petite quantité de silice, et de quelques atomes d'une matière animale que je nomme *barégine*.

Le sous-carbonate de soude n'existe point dans l'eau au moment où elle sort du sein de la terre ; ce qu'il est facile de démontrer en rapportant l'effet des réactifs.

Ces eaux verdissent le sirop de violette ; elles ramènent au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide ; elles ne donnent aucun louche par l'eau de chaux ; elles donnent un nuage à peine sensible par le muriate de baryte, et l'œil exercé du chimiste reconnaît facilement que cet effet est produit par le sulfate et non par le sous-carbonate de baryte.

Or, puisque les eaux contiennent assez d'alcali pour réagir sur les couleurs végétales, on doit en conclure que si cet alcali était à l'état de sous-carbonate, il serait en assez grande quantité pour que la chaux et les sels barytiques indiquassent la présence de l'acide carbonique,

et cet effet n'a point lieu. On est donc forcé de reconnaître que la soude est à l'état caustique dans les eaux de Barèges, Cauterets et Saint-Sauveur. Je crois devoir appuyer d'autant plus sur ce fait, que, outre qu'il intéresse l'analyse chimique des eaux, il me paraît très-important pour l'art médical, en ce que je pense qu'une partie des effets des eaux de Barèges est due à cet alcali; c'est lui qui réveille ces chairs tombées en atonie, et qui me semble la cause de ces beaux miracles qu'elles opèrent sur les plaies anciennes.

Dans les eaux sulfureuses des Hautes-Pyrénées, le soufre est combiné à l'hydrogène; et l'hydrogène sulfuré qui en résulte est combiné avec la soude, et forme un hydro-sulfure, peut-être mélangé d'un peu de sulfure hydrogéné; ce qu'il est difficile de déterminer avec précision, car la plus sulfureuse de toutes (celle de la grande douche, à Barèges) ne contient que 0,0000266 de son poids de soufre, ce qui représente 0,0000282 d'hydrogène sulfuré.

Ces eaux présentent un phénomène assez intéressant; c'est que, quoiqu'elles contiennent de l'alcali caustique en grand excès, eu égard au peu de soufre qu'elles renferment, elles laissent cependant dégager de l'hydrogène sulfuré par l'ébullition; mais il faut remarquer que cet acide ne quitte le liquide qu'avec une grande difficulté; car, après deux heures d'ébullition, il en retient encore plus des trois quarts de celui qu'il contenait primitivement.

On a prétendu que les eaux sulfureuses contiennent, en sortant du sein de la terre, une certaine portion d'oxigène, qui se porterait sur le soufre lorsqu'on les soumet

à la chaleur. J'ai combattu l'opinion qui tendrait à faire admettre la présence de l'oxigène dans ces eaux ; car si l'assertion était fondée, il faudrait en conclure que les eaux sulfureuses ne se décomposent point au contact de l'air, ce que l'expérience dément; elles y éprouvent, au contraire, une très-prompte décomposition ; effet qui d'ailleurs est conforme à la théorie, puisque les chimistes ont reconnu depuis long-temps avec quelle énergie un hydro-sulfure exposé à l'air s'empare de son oxigène. Il est important de signaler aux médecins cette action énergique de l'air sur les eaux de Barèges, qui ne peuvent et ne doivent être bues qu'à la source ; car s'il reste entre le bouchon et le liquide un pouce cube d'air, et il y en a toujours davantage, cet air contient beaucoup plus d'oxigène qu'il n'en faut pour convertir l'hydro-sulfure en hypo-sulfite, deux sels très-différens et qui n'ont plus la même action sur l'économie animale.

J'ai donné à la substance animale particulière qui se trouve dans les eaux sulfureuses des Hautes-Pyrénées, et dans d'autres encore de cette chaîne de montagnes, le nom de *barégine*, parce que c'est à Barèges que je l'ai rencontrée pour la première fois.

Cette matière diffère de toutes celles connues jusqu'à ce jour (1), et n'a pas plus de rapport avec la gélatine,

---

(1) M. Chaptal a le premier annoncé, il y a une trentaine d'années, la présence d'une matière animale dans une eau minérale de l'ancien comté de Foix, qu'il a examinée. La description qu'il en a donnée ne me permet pas de douter que ce ne fût la même substance que celle dont j'ai étudié la nature et les propriétés dans les eaux des Hautes-Pyrénées.

par laquelle on prétend la remplacer dans nos bains minéraux factices, que les eaux de Barèges naturelles n'en ont avec celles que l'on fabrique dans les établissemens d'eaux minérales artificielles.

La barégine est en très petite quantité dans les eaux des Hautes-Pyrénées. Faudra-t-il en conclure qu'elle y est sans action sur nos organes? Il est grandement temps que les médecins reviennent de cette erreur, qu'ils ont puisée dans l'opinion de quelques chimistes, qu'il est dans les eaux minérales des substances inertes que nous devons en élaguer. Nous ne connaissons point encore assez bien l'action des diverses substances sur nos organes pour adopter une pareille opinion; et c'est un genre d'expérimentation tellement difficile, que le sage restera toujours dans le doute (1).

---

(1) Le carbonate de chaux existe dans beaucoup d'eaux; elles sont désignées vulgairement sous le nom d'*eaux crues* ou *dures*, et sont pesantes sur l'estomac. On a pensé, d'après cela, que la chimie avait rendu un grand service à l'art médical en donnant les moyens de fabriquer des eaux minérales artificielles dans lesquelles on supprime les substances que l'on a reconnues, dans d'autres cas, être nuisibles à la santé; mais ce carbonate de chaux, par exemple, qui, dans certaines eaux, est pesant sur l'estomac, ne l'est point dans d'autres. Ainsi, l'eau d'une des sources de Vichy, désignée sous le nom de *fontaine de l'Hôpital*, contient 0g,52 de carbonate de chaux par litre, et cette eau, bien loin d'être pesante, est au contraire très-digestive; l'action du carbonate de chaux y est donc modifiée par celle des autres substances auxquelles il est associé.

D'une autre part, il est des substances qui, quoiqu'en

On a attribué à la substance animale que contiennent les eaux de Barèges l'effet qu'elles produisent dans le bain, de donner à la peau une douceur toute particu-

---

très-petite quantité dans les eaux, y jouent cependant un rôle très-important. Ainsi, pour citer un exemple très-connu, l'eau de la Seine, qui est une des eaux de rivière les plus pures, exerce une action très-forte sur quelques personnes qui en boivent à Paris pour la première fois ; et cette action est attribuée à une quantité presque insensible de matière animale dont elle se charge en traversant cette ville.

Je connais un exemple plus frappant encore de l'action que peut exercer sur l'économie animale une quantité inappréciable de matière étrangère contenue dans les eaux : je crois qu'il paraîtra intéressant.

La ville de Châteaulin, près Quimper, affermait autrefois, pour la somme de deux mille francs environ, une pêcherie de saumon qui était établie près du pont ; mais ce poisson a cessé d'y venir, et c'est depuis que les eaux d'écoulement de la mine de Poullaouen ont été versées dans la rivière de Châteaulin. Cependant la marée monte presque jusqu'au point où était établie la pêcherie, et balaie, si je puis me servir de cette expression, deux fois, dans vingt-quatre heures, le lit de la rivière. La petite rivière du Pont-de-Buis était également saumoneuse. Elle se jette à angle droit dans celle de Châteaulin, à deux lieues environ au-dessous du pont de cette ville, et par conséquent dans la partie du lit que la marée nettoie. On a pris autrefois, au Pont-de-Buis, jusqu'à quinze saumons dans un jour, et lorsque j'habitais ce pays (en 1812), on n'en prenait pas vingt dans l'année : or, la quantité d'eau de la rivière de Châteaulin, que la marée fait remonter dans celle du Pont-de-Buis, qui elle-même est

lière ; mais je pense qu'il est plutôt produit par la soude caustique dont j'ai fait connaître la présence dans ces eaux.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 3 *février* 1823.

ON donne lecture d'une lettre dans laquelle M. Séguin rappelle les diverses recherches dont il s'est occupé, et demande à être inscrit comme candidat pour la place vacante dans la section de chimie.

M. Bosc lit, au nom d'une Commission, le rapport qu'elle a fait sur l'ouvrage manuscrit de M. Delisle, intitulé : *Histoire des lichens du genre sticta.*

M. Delisle, chef de bataillon en retraite, demeurant à Vire, département du Calvados, se propose de publier un ouvrage général sur les lichens. Il annonce qu'il possède déjà plus de 1000 espèces nommées et classées. Pour donner la mesure de ses moyens d'exécution, il s'est déterminé à faire connaître, comme échantillon, l'histoire des lichens du genre *sticte.* Cette histoire, sur la proposition des commissaires, a reçu l'approbation de

---

soumise au flux, doit être à peine notable ; et cependant elle suffit pour faire émigrer le saumon qui la fréquentait. Les organes de ce poisson sont donc lésés par une quantité de matière tellemeut petite que le calcul seul peut permettre à notre imagination d'en concevoir la présence.

l'Académie. Les dessins de l'ouvrage ont été faits par Mme Delisle avec tant de perfection, qu'ils résistent, ce sont les expressions du rapporteur, à la comparaison avec la nature.

L'Académie nomme au scrutin le candidat qu'elle doit présenter pour la chaire d'Astronomie vacante au Collége de France. Il y avait 51 votans : M. Mathieu réunit 50 suffrages.

On procède ensuite à l'élection d'un membre de la Section de Chimie. Le premier tour de scrutin n'ayant pas donné de majorité absolue, on passe à un second tour dans lequel M. Darcet réunit 32 suffrages, et M. Chevreul 23. Le nombre des votans était de 56.

La nomination de M. Darcet sera soumise à l'approbation du Roi.

M. de Montferrand lit un Mémoire *sur les Phénomènes électro-dynamiques.*

Ce Mémoire a pour but principal de démontrer que toutes les expériences faites sur un conducteur vertical indéfini, soumis à l'action d'un aimant horizontal, sont des conséquences mathématiques de la théorie par laquelle M. Ampère explique les propriétés des aimans, et de la formule qu'il a donnée pour représenter l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de courans électriques situés d'une manière quelconque dans l'espace; à cet effet, l'auteur a calculé successivement, d'après cette formule, l'action d'un conducteur rectiligne indéfini sur un petit courant rectiligne, sur un cercle situé dans un plan parallèle au conducteur et sur divers systèmes de cercles soumis à cette même condition; il a obtenu ainsi les résultats suivans :

1°. L'action d'un courant rectiligne indéfini dans les deux sens, sur un petit courant situé d'une manière quelconque dans l'espace, est perpendiculaire à ce petit courant.

2°. Quand un courant qui suit une courbe plane quelconque est soumis à l'action d'un courant indéfini dans les deux sens, et se meut autour d'un axe perpendiculaire au plan de la courbe et au courant indéfini, la somme des momens des forces qui tendent à faire tourner le conducteur est la même dans toutes les positions.

3°. L'action mutuelle d'un courant indéfini et d'un petit courant situé d'une manière quelconque dans l'espace, décomposée perpendiculairement au conducteur indéfini, est en raison directe du cosinus des deux directions et inverse de la simple distance.

4°. Quand un courant voltaïque suit une courbe symétrique par rapport à un axe, l'action de cette courbe sur un courant indéfini parallèle à son plan et perpendiculaire à l'axe est nulle dans la direction du courant indéfini. Le cercle jouit de cette propriété puisqu'il est symétrique par rapport à tous ses diamètres.

5°. L'action d'un petit courant circulaire sur un conducteur indéfini parallèle à son plan est proportionnelle à la surface du cercle et en raison inverse du carré de la distance; elle est indépendante, quant à son intensité, des positions relatives du cercle et du conducteur.

6°. L'angle formé par la direction de la force avec le plan du cercle est toujours double de l'angle que forme avec ce même plan la perpendiculaire abaissée du centre du cercle sur le courant indéfini.

7°. L'action exercée sur un courant indéfini par un

cylindre droit composé de petits courans circulaires réunis sur un axe commun perpendiculaire au conducteur indéfini, peut être représentée dans tous les cas, en supposant que le conducteur est soumis à l'action de deux forces dont les intensités sont en raison inverse des distances aux deux extrémités du cylindre, et dont les directions sont perpendiculaires aux signes qui mesurent ces distances.

Ce résultat est parfaitement d'accord avec l'expérience; car M. Pouillet a vérifié, par les positions d'équilibre d'une aiguille, cette loi que M. Biot avait déduite des oscillations : que l'action d'un aimant sur un conducteur voltaïque perpendiculaire à son axe est représentée dans tous les cas, en supposant que le conducteur est soumis à l'action de deux forces dont les intensités sont en raison inverse des distances aux deux pôles de l'aimant, et dont les directions sont perpendiculaires aux lignes qui mesurent ces distances.

Si on suppose que les courans circulaires aient leurs centres dans une courbe de forme quelconque, à laquelle leurs plans soient perpendiculaires, disposition qui représente un aimant en fer à cheval; et si l'on prend pour cette courbe une circonférence de cercle, on a celle qui représente l'aimant circulaire employé par MM. Gay-Lussac et Welther. Le calcul appliqué à ces deux systèmes conduit à deux nouveaux théorêmes.

8°. Un aimant plié en cercle est sans action à toutes distances sur un conducteur indéfini perpendiculaire au plan du cercle.

9°. L'action exercée sur un conducteur indéfini par un aimant dont l'axe forme une courbe quelconque

symétrique par rapport à un diamètre, est dirigée dans ce diamètre toutes les fois que le courant indéfini passe par un de ses points et qu'il est perpendiculaire à la courbe des centres.

Il suit de ce dernier théorème que si on suspend un conducteur vertical sur un axe vertical autour duquel il puisse tourner librement, et si on le soumet à l'action d'un aimant en fer à cheval placé horizontalement et de manière que son diamètre rencontre l'axe de rotation, le conducteur est constamment amené dans une des deux positions où il rencontre le diamètre de l'aimant; de ces deux positions, l'une est toujours d'équilibre stable et l'autre d'équilibre instable : le conducteur ne pouvant se fixer que dans cette dernière, on le fait passer de l'une à l'autre, soit en renversant le sens du courant, soit en retournant l'aimant de manière que sa face supérieure devienne inférieure, soit enfin, en présentant alternativement au conducteur la concavité et la convexité de l'aimant. Cette conséquence de la théorie a été vérifiée par des expériences que M. de Montferrand a faites avec un des commissaires chargés par l'Académie d'examiner son Mémoire.

On lit, pour M. Savary, le Mémoire dont nous avons publié l'extrait dans le Cahier de janvier 1823.

M. Turban donne lecture d'un Mémoire où il propose un moyen de sauver les personnes surprises dans une maison incendiée.

M. Girard, au nom d'une Commission, lit un rapport sur un Mémoire manuscrit de M. le comte de Bucquoy, intitulé : *Du Frottement des dents des roues dans les engrenages.* (Nous reviendrons plus tard sur ce rapport,

à moins que nous ne trouvions le moyen d'insérer dans les *Annales* un extrait du Mémoire même.)

Séance du lundi 10 février.

M. Bourgeois rappelle à l'Académie qu'il lui a présenté un Mémoire intitulé : *L'Existence du principe des réfrangibilités diverses de la lumière est-elle réelle?* Il réclame un rapport.

M. Dupetit-Thouars lit un Mémoire intitulé : *Observations sur un bourrelet produit par la décortication complète pratiquée sur une branche de pommier.* La pièce avait été envoyée à l'Académie dans sa séance du 9 novembre 1822, par M. Dutrochet.

M. Moreau de Jonnès lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur l'origine des plantes des Antilles transportées dans ces îles par les agens naturels.*

La Commission chargée de présenter un réglement sur la tenue des séances publiques de l'Académie des Sciences, propose de fixer l'époque annuelle au premier lundi de juin. Cette proposition est adoptée.

On annonce que les sommes provenant de la succession de M. de Montyon, qui ont déjà été encaissées, se montent à 1,637,748 francs, sur lesquelles il revient à l'Académie 204,718 francs.

Séance du lundi 17 février.

M. Paulet adresse un Mémoire manuscrit intitulé : *Homonymie et synonymie des plantes de Théophraste et de Linnée.*

M. Girard fait connaître plusieurs détails relatifs à l'explosion récente de la pompe à feu de la manufacture d'Essonne. (*Voy.* plus bas). A cette occasion, le Président rappelle qu'une Commission a été chargée d'examiner les conditions que la sûreté publique exige dans l'établissement de ce genre de machines, et l'invite à faire son rapport le plus promptement possible.

M. de Jussieu, au nom d'une Commission, lit un Rapport sur les résultats que le voyage de M. Leschenault, dans l'Inde, aura produits.

Parmi ces résultats, les plus importans sont l'importation à l'île de Bourbon de plus de 100 espèces différentes de plantes, parmi lesquelles nous citerons : le cannellier; une épinevinette donnant une teinture jaune; un néflier dont le fruit, de la grosseur d'une prune, est bon à manger; deux espèces de canne à sucre; six de cotonnier, qui ont contribué à relever cette culture dans la colonie; le pavot dont on a tiré le meilleur opium; une ortie, *urtica tenacissima*, substituée avec avantage au chanvre; le sanguerus, palmier dont on extrait le sagou; l'illipé, dont les graines donnent une huile abondante; le ficus elastica, dont le suc laiteux se change en gomme élastique; le bowellia, qui produit l'encens, etc., etc.

Les collections faites pour le Muséum méritent aussi d'être mentionnées. L'herbier, par exemple, renferme environ 1200 espèces distinctes, dont la plupart n'étaient connues à Paris que par des descriptions et des figures. La série des animaux rassemblés dans les galeries de cet établissement a été augmentée par ce voyage de 38 mammifères composant 19 espèces, entre lesquelles

on doit remarquer l'ours des Gates et une nouvelle guenon ; de 530 oiseaux réduits à 171 espèces ; de beaux insectes, de plusieurs crustacées, et de plusieurs animaux vivans, parmi lesquels est un jeune éléphant.

La collection des minéraux se compose de 650 échantillons recueillis, pour la plupart, dans l'Inde et à Ceylan. Il en résulte que les montagnes intérieures de cette île sont primitives. C'est à quelques lieues de Kandy que M. Leschenault découvrit le feldspath nacré de Ceylan, si recherché des lapidaires sous le nom de *pierre de lune*, et que personne jusqu'alors n'avait trouvé dans sa gangue. C'est sur les bords de la rivière Kavery qu'il rencontra, à 10 ou 12 pieds au-dessous du sol, des corindons de différentes couleurs renfermés dans leur gangue.

Quant aux détails de mœurs, nous citerons seulement ce que dit l'auteur d'une tribu qui habite les montagnes de Nellygary (partie de la chaîne des Gates). Dans cette tribu, en opposition aux mœurs orientales, la pluralité des maris pour une seule femme est légalement admise.

On donne lecture de deux Lettres, écrites de l'Inde par le colonel Lambton, relatives aux mesures de la terre exécutées par cet officier.

Au nom d'une Commission, M. Magendie fait un rapport sur la Note de M. Edwards *relative à l'Exhalation et à l'Absorption de l'azote dans la respiration.*

La Note ayant déjà été publiée dans le Cahier de janvier, page 35, nous nous contenterons de dire que l'Académie a engagé M. Edwards à continuer les intéressantes recherches auxquelles il s'est déjà livré sur cet objet.

Séance du lundi 24 février.

Le Ministre de la Marine remercie l'Académie du rapport qu'elle lui a adressé sur le Mémoire de M. Marestier *relatif aux Bateaux à vapeur.*

M. Bowditch adresse de Madère une flore de cette île.

M. Walsh envoie encore un nouveau Mémoire *sur le Binome de Newton.*

M. Dumas demande qu'on nomme des commissaires auxquels il soumettra des basses guerrières de son invention qu'il vient de perfectionner.

M. Moreau de Jonnès lit une Note sur le coup de vent qui a eu lieu à la Martinique le 19 décembre dernier.

M. Duméril, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le Mémoire de M. Carteron, *concernant les Hydatides acéphalocystes.*

M. Carteron s'est proposé de prouver que les hydatides acéphalocystes sont des animaux privés de plusieurs organes et qu'ils ne sont pas de simples poches membraneuses. Il rapporte en détail un cas d'anatomie pathologique dans lequel il a pu observer une poche fibreuse, développée sous le bord gauche du foie et dans l'épaisseur de l'épiploon gastro-hépatique. Cette poche était remplie d'une cinquantaine d'hydatides acéphalocystes, contenant toutes une humeur transparente; tandis que tous les liquides et les solides du cadavre étaient teints de la couleur jaune la plus foncée, ainsi que le kyste fibreux qui les renfermait.

L'observation de M. Carteron venant à l'appui de faits analogues publiés dans ces derniers temps, l'auteur sera invité à faire imprimer son Mémoire.

Ce fut enfin en 1807 que le premier bateau construit par Foulton commença ses voyages; il parcourut l'intervalle qui sépare New-York d'Albany, dans trente-deux heures en allant et dans trente en revenant.

Un succès aussi décisif convainquit les plus incrédules; des compagnies opulentes se formèrent pour exploiter ce nouveau genre d'industrie; en peu de temps il acquit un développement immense. Aujourd'hui, lorsqu'on part de l'embouchure du Mississipi, le même bateau à vapeur peut remonter ce fleuve et le Missouri jusqu'à la rivière de la Pierre-Jaune, en parcourant 2700 milles marins ou 5000 kilomètres (1260 lieues de poste), c'est-à-dire, en parcourant sur un seul cours d'eau naturel un espace supérieur à la longueur totale des cent cinquante canaux creusés par la main des hommes dans la Grande-Bretagne.

En Angleterre, la navigation par la vapeur n'a commencé qu'en 1812; maintenant elle y est florissante et très-étendue.

Sur *l'Hydriodure de carbone; nouveau moyen de l'obtenir.*

Par M. Serullas.

La préparation de l'hydriodure de carbone par l'action du potassium sur de l'alcool tenant de l'iode en dissolution, telle que je l'ai indiquée pour la première fois dans mon Mémoire à ce sujet, ne pouvant être à la portée

que d'un petit nombre de personnes, à raison du potassium qu'elle exige en assez grande quantité pour avoir un produit un peu notable (1), j'ai cherché à obtenir ce corps nouveau par d'autres moyens plus faciles. Après différens essais, tous basés sur la réaction de corps qui pouvaient présenter à l'iode du gaz hydrogène percarboné naissant, je suis parvenu à mon but aussi heureusement que je pouvais le desirer, puisqu'on pourra désormais, sans potassium, se procurer plus aisément et plus abondamment l'hydriodure de carbone.

Cependant, avant de décrire le nouveau procédé, je reviendrai sur l'ancien, celui par le potassium, pour rectifier quelques inexactitudes d'observation qui y sont relatives, et dans lesquelles il était facile de tomber en opérant sur d'aussi petites quantités de matière que celle que j'avais à ma disposition dans mes premières expériences.

1°. J'ai dit, dans mon Mémoire, qu'il était à présumer qu'en employant de l'alcool très-concentré pour la dissolution d'iode sur laquelle on voudrait faire agir du potassium, on aurait une condition plus favorable à la

---

(1) Dans le cours des expériences que j'ai faites postérieurement à mon premier Mémoire, j'ai préparé 538 grammes de potassium, dont 485 ont été employés et ont produit, dans leur réaction sur de l'alcool ioduré, 228 grammes d'hydriodure de carbone; tandis que 52 grammes de sodium ont fourni 56 grammes d'hydriodure; ce qui donne plus du double pour le sodium; d'où l'on pourrait conclure que le potassium réagit sur l'hydriodure de carbone formé, et en détruit une partie; ce qui n'aurait pas lieu avec le sodium.

production de l'hydriodure de carbone. Cependant, si j'eusse réfléchi, j'aurais pu remarquer que cette conjecture était en opposition avec l'observation faite relativement à l'éther, à l'huile douce de vin, qui, substitués à l'alcool à 39 degrés, n'avaient rien produit; conséquemment on devait s'attendre à un résultat qui se rapprocherait plus ou moins de ce dernier, puisque l'alcool, par une plus grande concentration, se rapprochait davantage de la constitution de ces deux liquides. En effet, l'expérience m'a appris depuis qu'on obtient beaucoup plus d'hydriodure en se servant pour la dissolution d'iode de l'alcool de 35 à 36 degrés; c'est le point de concentration que j'ai reconnu être le plus convenable. Une certaine proportion d'eau paraît nécessaire. L'action étant alors plus vive, la décomposition se poursuit au point de contact jusqu'à la molécule d'hydrogène carboné, qui, se trouvant à nu, est saisie dans l'instant de sa séparation par l'iode.

La vérité de cette assertion paraît démontrée, lorsque l'on voit l'éther ioduré devenir propre à produire de l'hydriodure de carbone par l'action du potassium, après avoir été agité avec de l'eau. La petite quantité d'eau que l'éther est susceptible de dissoudre suffit pour déterminer la formation du composé triple.

2°. J'ai également avancé dans mon Mémoire que, pendant l'action du potassium sur l'alcool ioduré, il n'y avait pas de dégagement de gaz. C'est une erreur que je n'ai pas tardé de reconnaître; il s'échappe, au contraire, chaquè fois une quantité assez considérable d'hydrogène mêlé d'hydrogène carboné que j'ai recueilli et brûlé dans l'eudiomètre. Ce gaz est nébuleux; il irrite la poitrine et

excite vivement la toux quand on le respire; ce qui dépend d'une certaine quantité de potasse qu'il entraîne avec lui (1), et dont la présence se constate aisément en présentant à l'orifice des éprouvettes, où l'action a lieu, du papier humide coloré avec le curcuma, ou du papier teint avec le tournesol rougi par un acide : en peu de temps l'effet connu des alkalis sur ces réactifs est produit.

Le sodium employé pour la préparation de l'hydriodure de carbone présente, dans la même circonstance, le même phénomène, sauf l'action irritante du gaz qui est moins intense.

Nouveau Procédé pour obtenir l'hydriodure de carbone.

C'est encore dans le beau travail de M. Gay-Lussac sur l'iode, auquel j'ai eu continuellement recours pour m'éclairer dans mes recherches, que j'ai trouvé l'idée du nouveau moyen que je vais indiquer pour la préparation de l'hydriodure de carbone.

Ce travail nous a appris, à l'article *Chlore et iode* (2), que ces deux corps, en se combinant, formaient un sous-chlorure et un chlorure d'iode; que l'une et l'autre de ces combinaisons dissoutes dans l'eau et traitées par

(1) La présence de l'hydrogène reconnue favorable dans la préparation du potassium ou du sodium par le fer ou le charbon, ne le serait-elle pas parce que ce gaz entraîne avec lui la potasse ou la soude à l'état de vapeur?

(2) *Annales de Chimie*, tome XCI, page 48.

la potasse donnaient lieu à un iodate et à un hydrochlorate de potasse ; qu'à un certain point de la saturation, quand c'était du sous-chlorure, de l'iode était mis à nu ; de là de l'hydriodate ; tous ces phénomènes résultant de la décomposition de l'eau.

J'aperçus dans ce concours de circonstances, en y ajoutant celle de l'alcool, tout ce qu'il fallait pour produire de l'hydriodure de carbone, puisqu'avec le chlorure d'iode, comme avec le potassium, l'eau était décomposée ; en considérant surtout qu'une production aussi subite d'acide iodique et d'acide hydrochlorique devait être le résultat d'une action très-énergique, conséquemment capable de s'étendre à l'eau constitutive de l'alcool comme le faisait le potassium. C'est ce qu'a confirmé l'expérience suivante.

Sur du chlorure d'iode solide, tel qu'on l'obtient en faisant arriver du chlore jusqu'à cessation d'absorption dans un flacon assez grand contenant de l'iode, j'ai versé cinq à six fois son poids d'alcool à 34 degrés. La liqueur, d'abord trouble, s'est éclaircie en quelques instans en laissant déposer quelques matières salines provenant de l'impureté de l'iode, plus une petite quantité d'iodate acide ayant pour base de la potasse qui existe également dans l'iode. D'après ce qu'on verra, la formation de cet iodate est proportionnée à la petite quantité de potasse qui se trouve accidentellement dans l'iode, peut-être sous forme d'hydrochlorate qui serait alors décomposé par l'acide iodique qui y existe en grand excès (1).

Cette dissolution alcoolique de chlorure d'iode a été

(1) Gay-Lussac, *Annales de Chimie*, tome xci, page 51.

traitée par de petites portions d'une dissolution alcoolique de potasse caustique, il s'est formé à l'instant un précipité jaunâtre caillebotté très-abondant, composé d'un mélange d'hydrochlorate et d'iodate acide de potasse. L'iodate acide, bien entendu, n'existe que dans le commencement. La saturation étant continuée et achevée jusqu'au point d'un léger excès de potasse (1), la liqueur, qui s'est colorée fortement à une certaine époque de la saturation par la séparation de l'iode du sous-chlorure, finit, après quelques momens de repos, par se montrer au-dessus du dépôt salin, sous une couleur jaune-citrine, ayant la saveur sucrée que lui donne l'hydriodure de carbone qu'elle tient en dissolution en même temps que de l'hydriodate de potasse. On décante et on lave avec de l'alcool, à plusieurs reprises, les sels pour leur enlever tout l'hydriodure; ce qu'on reconnaît quand l'alcool de lavage cesse d'être coloré. Les sels sont mis à égoutter sur un filtre pour en retirer tout le liquide, que l'on réunit aux autres portions après les avoir filtrées. On évapore à une douce chaleur; l'hydriodure cristallise; on le sépare avant l'entière évaporation du liquide, en le jetant sur un filtre où on le lave à l'eau froide jusqu'à ce que cette eau de lavage ne trouble plus par le nitrate d'argent; indice que l'hydriodure est débarrassé de l'hydriodate de potasse qu'il avait pu retenir. On sépare ensuite, par la dissolution et la cristallisation, l'hydrochlorate de l'iodate, qu'on utilise en le convertissant en iodure par la fusion.

---

(1) On conserve une certaine quantité de la liqueur non saturée pour en ajouter si l'excès de potasse était trop grand.

Quand on veut avoir de l'iodate acide, il faut arrêter la saturation assez tôt pour qu'il reste un grand excès d'acide. On décante alors, et le dépôt dont l'iodate acide fait partie est mis sur un filtre où on le lave avec de l'alcool qui se charge de l'hydriodure auquel il est mêlé. Par la dissolution et l'évaporation au point convenable, l'iodate acide cristallise, laissant dans les eaux mères l'hydrochlorate soluble.

L'alcool provenant des lavages est réuni à celui non complètement saturé qu'on a séparé d'abord pour avoir l'iodate acide; on achève la saturation et l'on continue l'opération comme précédemment.

En étudiant l'action du chlore sur l'hydriodure de carbone, action dont j'aurai occasion de parler tout-à-l'heure, j'observai que le chlore gazeux le décomposait subitement; tandis qu'une dissolution de chlore, quoique saturée, ne faisait éprouver aucun changement à ce même hydriodure, quelque prolongé que fût le contact avec ou sans l'influence de la lumière.

D'un autre côté, bien que je susse, par ce qu'on en a dit et par expérience, qu'un courant de chlore passant à travers de l'alcool le décomposait en donnant lieu à divers produits, entr'autres, à une substance d'apparence oléagineuse, et à une autre matière que l'on sait, quoiqu'incomplètement connue, contenir beaucoup de carbone, je pensai que de l'iode qui se trouverait en présence au milieu d'une telle réaction, dans laquelle l'hydrogène carboné que j'avais toujours en vue jouait un rôle essentiel, devait changer cette réaction, puisqu'alors l'iode, en s'emparant du chlore, formerait un chlorure d'iode, même très-promptement; la combi-

naison étant favorisée par le liquide alcoolique dont l'addition anticipée serait peut-être favorable, dans la supposition que j'avais faite que la production de l'hydriodure pût avoir lieu immédiatement par le simple passage du chlore dans l'alcool ioduré. Du reste, si ce mode de mettre en action le chlorure d'iode avec l'alcool ne présentait pas d'avantages sur l'autre sous le rapport des produits, il aurait au moins celui d'abréger l'opération, de la rendre plus facile et moins incommode ; le succès a répondu à mon attente sur ce dernier point.

J'ai dirigé, dans de l'alcool à 34 degrés, contenant une quantité d'iode beaucoup plus grande que celle qu'il pouvait dissoudre, un courant de chlore qui a fait disparaître en peu de temps l'iode dont on facilitait successivement la dissolution en agitant avec un tube de verre. Le courant ayant été continué quelques instans après la disparition de l'iode, la liqueur jaunâtre, considérée alors comme une dissolution alcoolique de chlorure et sous-chlorure d'iode, a été saturée de la même manière que l'autre par une dissolution alcoolique de potasse caustique qui a déterminé aussitôt la formation du même précipité jaune, caillebotté, contenant les mêmes substances : iodate, hydrochlorate de potasse et hydriodure de carbone en dissolution ; ce dernier en aussi grande quantité que par le procédé de mêler l'alcool au chlorure d'iode préparé séparément.

Ainsi, en traitant le mélange de chlorure et sous-chlorure d'iode par l'alcool, le saturant par la potasse caustique, on obtient, dans la même opération, de l'iodate acide de potasse qui se précipite à l'instant, vu son insolubilité dans l'alcool ; de l'iodate neutre, en com-

plétant la saturation ; de l'hydriodure de carbone, de l'hydriodate de potasse provenant d'une portion de l'iode du sous-chlorure ; enfin de l'hydrochlorate de potasse.

L'iodate acide de potasse, que je ne sache pas encore avoir été observé, a, comme l'acide iodique, une saveur aigre, astringente, mais moins intense ; sa dissolution rougit la teinture de tournesol, mais ne la détruit pas comme l'acide iodique. Il fuse sur les charbons incandescens. Chauffé fortement, il se fond et donne lieu à des vapeurs d'iode assez abondantes, et à de l'oxigène, par la décomposition de l'excès d'acide, se trouvant ainsi ramené successivement à l'état d'iodate neutre et d'iodure.

L'iodate acide de potasse est moins soluble que l'iodate neutre de la même base ; ses cristaux, quand ils se sont formés lentement, présentent des pyramides tronquées dont la base est un parallélogramme rectangle, ou de petits prismes à quatre pans très-transparens terminés par une pyramide à quatre faces.

En employant la soude pure pour saturer la dissolution alcoolique de chlorure d'iode, on obtient également de l'hydriodure de carbone ; mais cette base n'est pas susceptible de former un iodate acide ; du moins il ne s'en est pas produit dans la même circonstance où la potasse en a fourni.

D'après ce qu'on vient de voir, il serait établi que l'acte simple de la dissolution du chlorure d'iode dans l'alcool n'est pas suffisant pour décomposer l'eau et produire de l'hydriodure de carbone sans le concours de la potasse ; car l'existence de cet hydriodure ne se manifeste que pendant la saturation, à commencer probablement du moment où l'iode du sous-chlorure est mis en liberté ;

et ce n'est que lorsque la saturation est complète que la liqueur a acquis la couleur jaune, la saveur sucrée et l'odeur particulière qui distinguent l'hydriodure.

On pourrait supposer qu'avant cette saturation l'hydriodure se trouve dissous dans la petite quantité d'alcool, à l'aide de la grande quantité d'acide qui y existe, et dont la saveur très-prédominante masquerait celle de l'hydriodure qu'on cherche en vain à reconnaître.

Mais en évaporant directement la dissolution alcoolique de chlorure d'iode sans addition de potasse, on n'obtient point d'hydriodure.

On pourrait encore objecter qu'il a été décomposé par la réaction des acides pendant l'évaporation.

Mais encore, en enlevant ces acides par de la tournure de fer ou de cuivre, sur lesquels on laisse séjourner la dissolution alcoolique de chlorure d'iode, on ne découvre pas non plus de traces d'hydriodure, quoique de petites quantités d'iodate de fer ou de cuivre se précipitent dans les premiers momens.

La saturation par la magnésie pure ne produit pas d'hydriodure.

Les propriétés de l'hydriodure de carbone ne m'étant qu'imparfaitement connues lors de la rédaction de mon Mémoire, je dois les reproduire ici avec plus de détail, d'après l'étude que j'en ai faite depuis.

L'hydriodure de carbone est solide, d'un jaune citrin, d'une saveur sucrée, très-manifeste quand il est en dissolution dans l'alcool. Il cristallise en paillettes dont l'aspect est très-brillant; son odeur est aromatique, approchant beaucoup de celle du safran. Sa pesanteur spécifique est à-peu-près le double de celle de l'eau.

L'hydriodure de carbone n'est pas sensiblement soluble dans l'eau ; il se dissout dans quatre-vingts fois son poids d'alcool à 33 degrés, à la température ordinaire ; et, dans vingt-cinq fois, à une température de 35 degrés. Sept parties d'éther en dissolvent une d'hydriodure.

Les huiles grasses et volatiles le dissolvent très-bien ; dans ces dernières, du moins dans l'essence de citron, il éprouve une altération ; étant exposé à la lumière, du charbon est mis à nu, de l'iode devient libre.

Les acides sulfurique, sulfureux, nitrique, hydrochlorique n'ont pas d'action sur lui, non plus qu'une dissolution de chlore.

Exposé à l'air, à la température ordinaire, il disparaît au bout d'un certain temps. Une chaleur de 100 degrés le volatilise sans le décomposer ; de 115 à 120, il entre en fusion, et peu après il se décompose en donnant lieu à des vapeurs d'iode, à un dépôt de charbon très-brillant, à de l'acide hydriodique ; une partie se volatilise en même temps.

On pouvait espérer, d'après l'effet ci-dessus observé de la chaleur sur l'hydriodure de carbone, que ce serait un moyen de déterminer, non pas la nature de ses élémens puisqu'ils étaient bien mis en évidence par ce simple essai, mais leur proportion ; conséquemment, qu'en faisant un mélange de ce corps avec de la limaille de fer qu'on chaufferait fortement dans un tube de verre luté contenant, au-dessus du mélange, une certaine quantité de tournure du même métal, on parviendrait à décomposer entièrement l'hydriodure, à obtenir un iodure de fer, un dépôt de charbon et, sous des cloches disposées à cet effet, l'hydrogène qui entre également dans sa

composition ; mais on n'arrive qu'incomplètement à ce résultat, même en donnant une longue étendue à la colonne de tournure de fer incandescente que doit traverser le gaz. Si l'iode se combine en totalité au fer, le charbon ne se dépose qu'en majeure partie; le gaz hydrogène recueilli est toujours plus ou moins carboné.

De tous les corps simples non métalliques, le chlore à l'état de gaz est le seul qui présente avec l'hydriodure de carbone des phénomènes très-remarquables.

A peine ces deux corps sont-ils en contact, qu'il y a une action très-vive et décomposition subite de l'hydriodure; d'où il résulte des produits dont la nature varie par certaines circonstances.

1°. Si le chlore ainsi que l'hydriodure sont parfaitement secs, il se forme un chlorure d'iode, de l'acide hydrochlorique et une matière blanche particulière contenant beaucoup de carbone. Une partie de cette matière adhère fortement aux parois des vases, sur les points mêmes où l'hydriodure de carbone a subi l'action du chlore; une autre portion se voit, sous forme de flocons filamenteux, flotter en suspension, ou surnager sur la petite quantité d'eau qu'on verse dans le flacon où s'est faite l'expérience, pour y dissoudre le chlorure d'iode.

Cette matière blanche est insoluble dans l'eau; elle se dissout dans l'alcool, mais beaucoup mieux dans l'éther: par l'évaporation, cette dissolution éthérée passe bientôt à l'état d'un liquide lactescent que l'on finit par solidifier, à l'aide d'une douce chaleur, en une masse blanche, onctueuse au toucher. Une température un peu élevée la décompose; elle répand alors une odeur aro-

matique camphrée, en laissant un résidu abondant en charbon.

2°. Si le chlore est en excès, il y a formation de chlorure jaune solide, et de sous-chlorure dans le cas contraire.

On aura toujours un excès de chlore en employant des flacons de la capacité d'un litre pour chaque gramme d'hydriodure de carbone; sa conversion en chlorure d'iode sera toujours complète par sa dissolution dans l'eau, qui facilite l'absorption du chlore, dont un excédant existera alors dans les flacons.

3°. Quand la quantité de chlore qu'on a fait agir sur l'hydriodure n'a été suffisante que pour produire un sous-chlorure, on ne trouve plus, dans sa dissolution aqueuse, la matière blanche dont on vient de parler, mais de petites quantités d'un liquide d'apparence oléagineuse qui semble graisser les parois des vases, se réunit peu à peu à la surface de l'eau, et finit quelquefois par se précipiter et se rassembler au fond en une goutte plus ou moins volumineuse. Les vases alors ont une odeur particulière très-forte, approchant beaucoup de celle de l'essence de térébenthine.

J'avais d'abord pensé que ces deux substances pouvaient être les chlorures de carbone découverts par M. Faraday, vu la circonstance de l'état naissant des élémens nécessaires à leur production; mais je n'ai pu leur reconnaître ni les propriétés par lesquelles il les distingue, ni celles qui caractérisent les matières particulières, les espèces de chlorure de carbone qu'on obtient par l'action du chlore sur l'alcool, auxquelles j'ai également cherché à les comparer. Il est difficile de croire

cependant qu'il n'y ait pas identité de composition entre ces produits ; mais elle sera modifiée par des circonstances que je n'ai pas pu apprécier.

Pour faire l'expérience de transformer l'hydriodure de carbone en chlorure d'iode, on remplit de chlore desséché sur le chlorure de calcium un flacon qui bouche à l'émeri ; on y projette ensuite l'hydriodure en poudre ; on ferme aussitôt. L'action est prompte : il y a développement de chaleur et une vive effervescence due, je pense, au dégagement de gaz acide hydrochlorique qui se forme. On voit le sous-chlorure rouge liquide qui se forme aussi en même temps se constituer successivement, par l'absorption du chlore, chlorure jaune solide. On peut, en chauffant avec précaution le flacon bouché, faire passer alternativement le chlorure, de l'état solide, à l'état de sous-chlorure liquide, qui, par le refroidissement, revient à son état primitif en reprenant le chlore que la chaleur avait dégagé avec effervescence. Je me suis même servi de ce moyen pour volatiliser le chlorure d'un côté des flacons à l'autre, à travers le chlore restant, afin d'être sûr de la décomposition complète de l'hydriodure.

Quand on projette l'hydriodure de carbone dans les flacons remplis de chlore, on entend chaque fois un petit bruit semblable à celui que produit l'immersion d'un fer rouge dans l'eau.

4°. Si le chlore qu'on emploie dans les expériences est encore pourvu de l'humidité qu'il a toujours, qu'on le fasse arriver immédiatement dans les flacons sans le dessécher, l'hydriodure de carbone qu'on y introduit donne également naissance au chlorure d'iode, à de

l'acide hydrochlorique, mais on n'a pas de matière blanche; il se forme à sa place du gaz chloroxicarbonique que l'on peut isoler en renversant les flacons d'abord sur un bain de mercure pour lui faire absorber le chlore en excès à l'aide de l'agitation; puis dans l'eau, afin d'y dissoudre l'acide hydrochlorique. Le gaz chloroxicarbonique reste encore assez long-temps au contact de l'eau sans être décomposé, pour pouvoir être examiné et reconnu comme je l'ai fait.

Cette circonstance de l'humidité du chlore, à laquelle je n'avais pas fait attention dans mes premières expériences, m'a empêché pendant quelque temps de reconnaître sous quelle forme disparaissait le carbone que je savais positivement exister dans l'hydriodure.

J'ai eu occasion d'observer dans ces expériences que le sous-chlorure d'iode traité par l'ammoniaque laissait précipiter à l'instant l'iode à l'état d'iodure d'azote très-fulminant, et qu'il ne se formait presque pas d'hydriodate d'ammoniaque; ce qui se conçoit, puisque le chlore qui, dans ce cas, décompose l'ammoniaque, doit s'emparer exclusivement de l'hydrogène en abandonnant l'azote à l'iode. Il me paraît donc préférable, pour la préparation de l'iodure d'azote, d'après l'essai que j'en ai fait, de former d'abord un sous-chlorure d'iode qu'on traite par l'ammoniaque en excès. La combinaison est prompte: on jette sur le filtre où on lave. Ce moyen a l'avantage de donner la presque totalité de l'iode en composé fulminant, tandis que par l'autre procédé, celui de mêler à de l'ammoniaque de l'iode en poudre, un quart seulement de l'iode est transformé en iodure.

La facilité qu'offre le chlore de convertir l'hydriodure

de carbone en chlorure d'iode, et conséquemment en iodate et hydro-chlorate par sa dissolution dans l'eau et la saturation par la potasse, m'a paru, après d'autres essais, le moyen le plus exact de constater la quantité d'iode qui fait partie constituante de l'hydriodure de carbone.

J'ai donc traité un grand nombre de fois, par le chlore, des quantités données d'hydriodure de carbone; le chlorure d'iode qui en est résulté, étant dissous et saturé par la potasse, a constamment produit les mêmes quantités d'iodate, du moins avec des différences si petites, que l'on peut indiquer, sans craindre de s'écarter de la vérité, comme terme moyen $1^{g},5$ pour chaque gramme d'hydriodure.

L'iodate de potasse étant formé de 77,54 d'acide iodique et de 22,246 de potasse,

L'acide iodique de 100 d'iode et 31,927 d'oxigène,

Chaque gramme d'hydriodure de carbone contiendra donc 0,8992 d'iode.

Il est essentiel, pour la justesse de cette détermination, que l'iodate de potasse soit parfaitement pur, dépouillé du chlorure. Dans ce cas, de simples cristallisations, même répétées un grand nombre de fois, ne présentent pas une exactitude assez grande; car il ne s'agit pas seulement d'avoir l'iodate pur, mais encore sa quantité absolue.

On atteint ce double but, lorsqu'après avoir saturé le chlorure d'iode, entièrement retiré des flacons par un lavage soigné, on le filtre et on l'évapore jusqu'à siccité avec les ménagemens nécessaires. La masse saline est alors triturée légèrement dans la capsule même de l'éva-

poration avec une petite quantité d'alcool à 26 degrés; on réitère en décantant chaque fois sur un petit filtre. L'opération est très-longue, et n'est achevée que lorsqu'une portion de l'alcool des lavages étant évaporée et dissoute dans l'eau ne précipite plus par le nitrate d'argent. Alors on jette l'iodate sur le même filtre pour l'y laisser égoutter quelques instans; après quoi on le dissout dans l'eau avec grand soin. On assure la neutralité par quelques gouttes d'acide acétique; on évapore; on lave avec de l'alcool à 40 degrés qui entraîne ou l'acétate ou l'acide acétique, en laissant dans un état de grande pureté l'iodate de potasse que l'on sèche avec précaution.

On s'assure (ce qui a été indiqué par M. Gay-Lussac) (1) qu'aucunes portions de l'iodate de potasse ne sont passées dans le lavage alcoolique en évaporant, jusqu'à un certain point, une quantité quelconque de cet alcool, et le traitant par l'acide sulfureux, puis par le nitrate d'argent, qui y produira un précipité entièrement soluble dans l'ammoniaque s'il n'y existe pas d'iodate.

L'acide sulfureux, versé avec précaution dans un liquide contenant de l'iodate, suffit pour en décéler à l'instant la présence par la séparation de l'iode; mais ce moyen n'est applicable que lorsqu'il existe une certaine quantité d'iodate : il serait donc infidèle dans ce cas, vu les quantités infiniment petites qui pourraient se trouver dans le lavage; l'instant de la séparation de l'iode n'y serait pas marqué; il se dissout sans colorer la liqueur.

On reconnaîtra d'un autre côté que l'iodate, dont la totalité du poids aura d'abord été notée, n'a pas retenu

(1) *Annales de Chimie*, tome XCI, page 85.

de chlorure, en en dissolvant dans l'eau, et traitant cette dissolution comme précédemment et successivement par l'acide sulfureux, par le nitrate d'argent et par l'ammoniaque; le liquide étant filtré, on y ajoutera une quantité suffisante d'acide nitrique qui ne devra pas y reproduire de précipité permanent; ce qui aurait lieu si l'iodate était mêlé de chlorure.

La connaissance exacte des proportions de l'un des principes constituans de l'hydriodure de carbone, telles que celles de l'iode que nous avons pu fixer, était suffisante pour en déduire la quantité des deux autres élémens, si on avait eu la certitude que l'hydriodure était formé, ainsi qu'on pouvait le croire, d'iode, plus d'hydrogène et de carbone, dans les proportions qui constituent l'hydrogène percarboné; mais il fallait le constater.

Le moyen que fournit l'oxide de cuivre pour analyser les substances végétales et animales m'a paru pouvoir s'appliquer avec avantage à l'analyse de l'hydriodure de carbone : en conséquence les mêmes dispositions ont été faites pour y procéder.

Des quantités convenables de deutoxide de cuivre récemment chauffé au rouge ont été mêlées soigneusement avec 5 décigrammes d'hydriodure de carbone. Ce mélange, placé dans un tube de verre luté, y était recouvert, dans une étendue d'un grand tiers du tube, d'une autre quantité de deutoxide de cuivre mélangé de porcelaine grossièrement pulvérisée. J'avais choisi des tubes d'une capacité plus grande par le diamètre, mais beaucoup plus par la longueur que ceux qui sont ordinairement indiqués. On a chauffé au rouge graduellement, en commençant, ainsi que cela se pratique, par la partie

chlorate de potasse, chauffé dans un tube de verre seulement au point de la fusion et de la décomposition du chlorate, il se dégage du chlore, du gaz chloroxicarbonique, et il reste dans le tube du chloroiodate de potasse, reconnaissable à ce que sa dissolution laisse précipiter de l'iode par l'acide sulfureux et donne du chlore par l'acide sulfurique concentré.

SUR *la Compressibilité de l'eau* (1).

PAR M. ŒRSTED.

QUOIQUE les expériences de *Canton* eussent déjà établi, il y a plus de cinquante ans, la compressibilité de l'eau, on n'y avait pas encore ajouté, généralement, la foi qu'elles méritent, parce que les moyens dont s'était servi le savant anglais, permettaient aux changemens de température d'exercer une influence considérable sur les résultats. Il fallut l'habileté rare de ce physicien pour éviter cette influence, surtout dans un temps où les appareils n'avaient pas encore la perfection qu'ils ont acquise de nos jours. C'est pourquoi on a publié, après Canton, un bon nombre d'autres expériences sur le même objet; mais

(1) Nous avons donné un extrait très-succinct de ce Mémoire, d'après les journaux anglais, dans le N° de septembre dernier; mais M. OErsted ayant bien voulu, à son passage à Paris, nous confier le Mémoire original, accompagné d'une description détaillée de l'appareil dont il s'est servi, nous nous empressons d'en enrichir les *Annales*.

elles leur étaient bien inférieures tant à cause des principes sur lesquels elles étaient fondées qu'à raison de l'exactitude de l'exécution. Frappé des discordances de ce grand nombre de résultats, j'entrepris, il y a quatre ans, de soumettre cet objet à de nouvelles recherches. Je fis mes premières expériences dans des cylindres de laiton à parois extrêmement épaisses, dans l'espérance d'éviter ainsi la dilatation du vase où s'opérait la compression. Mon appareil ne présentait à cet égard aucun avantage sur ceux dont on avait fait usage depuis Canton; mais du moins il n'exigeait pas de grandes forces mécaniques pour rendre la compression sensible, et sa mesure était exacte en la faisant dans un tuyau étroit qui communiquait avec un autre plus large. Je me servis en même temps d'un tuyau rempli d'air et communiquant avec l'eau intérieure, pour mesurer la force comprimante, méthode qui met les résulats à l'abri de l'influence du frottement.

Cet appareil était ainsi d'un usage fort commode; mais il avait la grande imperfection de se dilater en cédant à la pression intérieure, car elle n'était balancée par aucune pression en sens contraire. Pour remédier à ce défaut, j'eus recours au principe qu'a aussi adopté le célèbre M. Parkins, dont le Mémoire ne m'était pas alors connu; mais comme il a fait ses expériences avec des forces immenses qui ne sont pas à la disposition de beaucoup de savans, je pense qu'une description de mon appareil ne sera pas inutile, surtout à cause qu'il peut être employé à des recherches fort étendues sur la compression des diverses espèces de liquides.

La partie principale de mon appareil consiste mainte-

nant en une petite bouteille qui a pour col un tuyau capillaire terminé par un petit entonnoir. Après l'avoir remplie d'eau bien purgée d'air, on introduit dans le tube capillaire une goutte de mercure que l'adhérence maintient dans le haut, et qui sert d'index et de piston durant les expériences. On place cette bouteille dans un cylindre de verre, à parois bien épaisses, rempli d'eau et muni d'une petite pompe foulante, au moyen de laquelle on peut exercer une pression suffisante sur l'eau du cylindre. Cette pression se communique au mercure, dans le tuyau capillaire, qui à son tour la transmet à l'eau contenue dans la bouteille. On voit facilement que celle-ci, recevant une pression égale en dehors et en dedans, n'éprouvera aucun changement de volume, mais qu'en même temps la compression de l'eau se fera voir d'une manière bien sensible, le tuyau capillaire dans lequel le liquide doit descendre étant très-étroit en comparaison de la bouteille.

Pour bien mesurer la grandeur de la compression, j'ai déterminé la capacité de la bouteille et du tube capillaire, par des pesées fort exactes du mercure que l'un et l'autre pouvaient contenir. J'ai fait des expériences avec des appareils de grandeurs un peu différentes. Voici les données de l'une d'elles : la bouteille remplie de mercure pesait 709,48 grammes; une colonne de mercure, occupant dans le tuyau bien calibré une longueur de 24,6 lignes, pesait 96 milligrammes; ce qui fait 0,00000550 1 du volume total pour chaque ligne de mercure, ou 0,000001375 pour chaque quart de ligne, valeur d'une division de l'échelle.

La mesure des forces comprimantes s'obtient dans

cet appareil à l'aide d'un volume d'air renfermé dans un tube bien calibré et ouvert en bas, qu'on place à côté du tuyau capillaire de la bouteille, sur une échelle divisée qui sert à mesurer tant le volume de l'air que la position de la colonne de mercure. Ayant bien observé la diminution du volume de l'air produite par la pression exercée sur l'eau, on calcule facilement, d'après la loi de Mariotte, la force comprimante; il faut seulement remarquer qu'il est bien nécessaire d'ajouter à la pression indiquée par le baromètre, celle produite par la colonne d'eau qui agit sur l'air du tube, et encore la pression de la colonne de mercure renfermée dans le tube capillaire. C'est le résultat de ces trois pressions qui indique celle que supportait l'eau de la bouteille, avant qu'on y eût fait agir le piston.

La chaleur exerce une grande influence sur le volume apparent de l'eau de la bouteille. A la température de 15° centig., un changement d'un seul degré fait monter ou descendre la colonne de mercure, dans le tuyau capillaire, de 27 lignes ; chacune desquelles étant divisée sur l'échelle en 4 parties dont l'œil encore distingue très-bien le quart, on observe des changemens de température de $\frac{1}{400}$ de degré centigrade. En faisant l'expérience de compression, le corps de l'observateur communique toujours un peu de calorique à l'appareil; en rétablissant l'équilibre avec l'air aussitôt que l'observation est faite, on voit néanmoins rarement une différence entre la position du mercure avant et après l'expérience, qui monte jusqu'à $\frac{1}{100}$ de degré; et cette différence n'est pas plus grande après une pression de cinq atmosphères qu'après celle d'une seule, si toute-

fois on a exécuté tous les mouvemens dans des temps égaux.

D'après le terme moyen entre un très-grand nombre de résultats, une pression égale à celle de l'atmosphère produit dans l'eau une diminution de volume de 0,000045. Dans tous les essais que j'ai faits avec mon appareil, depuis des pressions de $\frac{1}{3}$ jusqu'à 6 atmosphères, j'ai trouvé que la compression de l'eau était en raison des forces comprimantes. Canton a obtenu, dans la plupart de ses expériences, 0,000044 pour une pression égale à celle de l'atmosphère; ce qui ne diffère que d'un millionième de mon résultat. Il est vrai qu'il a trouvé une fois 0,000049 à la température de $+1^{\circ}$; mais comme l'eau se condense à ce degré par une augmentation de chaleur, on pourrait exclure cette quantité de la formation du terme moyen; toutefois la différence entre ces résultats est bien faible. Les expériences ingénieuses de M. Parkins, faites avec plusieurs centaines d'atmosphères, donnent 0,000048 pour chaque atmosphère. Je serais tenté d'attribuer cette différence, d'ailleurs très-légère, à la compression qu'a dû éprouver la substance des parois dans les expériences de M. Parkins; du moins on a lieu de supposer que les parois dans son appareil, étant de métal, ont été beaucoup plus épaisses que les parois dans ma petite bouteille. Je dois encore signaler une autre circonstance qu'on devrait peut-être prendre en considération ici: c'est que l'eau semble perdre un peu de sa compressibilité après quelques compressions. Je n'oserai cependant assurer ce fait, ne l'ayant pas soumis à des épreuves rigoureuses.

Il est bien évident, d'après toutes mes expériences, qu'il

ne reste aucune trace d'augmentation de température lorsque l'eau a repris son volume après une compression ; mais on pourrait penser que le calorique dégagé par la compression était réabsorbé durant la dilatation subséquente.

Il ne serait pas possible de décider cette question à l'aide d'un thermomètre ordinaire, puisque la boule pourrait souffrir une compression et donner lieu à un résultat fort inexact ; c'est pourquoi je me suis servi d'un thermomètre métallique de l'invention de M. Breguet. Ce thermomètre, très-sensible, n'a pas indiqué de changement de température après une compression de l'eau produite par cinq atmosphères.

Dans toutes ces expériences sur les effets de la compression, il faut donner un soin particulier aux variations de température du liquide ; car un seul degré centésimal suffit pour changer le volume de l'eau, autant que peut le faire une pression égale à celle de trois atmosphères.

Description de l'appareil pour la compression de l'eau.

ABCD (fig. 5) représente la section verticale d'un cylindre de verre, fermé en *AB* par une monture de cuivre, dans laquelle entre à vis le corps de pompe *EFGH*.

JK est une vis qui sert à enfoncer et à élever le piston *lmno*.

rs est un tuyau destiné à introduire l'eau dans le corps de pompe, après que le cylindre a d'abord été rempli ; *t* est une vis qui ferme ce tuyau.

L'ouverture latérale *u* du corps de pompe permet à

l'air de sortir pendant que l'eau entre par le tuyau *rs*. Mais aussitôt que le piston descend, il ferme cette ouverture.

L'autre trou latéral *r* ne pénètre pas, et sert seulement pour appliquer la clé (fig. 6) quand on veut serrer ou dévisser la vis qui joint le corps de pompe à la monture du cylindre.

ab est une bouteille de verre ayant pour col un tuyau capillaire ; le tout est rempli d'eau.

cd est un tuyau calibré ouvert en bas, et renfermant de l'air qui, par sa compression, fait voir la force comprimante qu'exerce le piston lorsqu'on le fait descendre.

efgh est une monture de laiton portant une échelle divisée en quarts de ligne ou bien en demi-millimètres. Elle sert en même temps pour les deux tuyaux ; mais il est bon de mettre les nombres aux deux côtés de l'échelle, les lignes de division étant trop longues pour les suivre de l'œil avec la facilité desirée.

i est un morceau de liége combiné par deux fils de soie avec la monture de laiton. On voit qu'il ne sert qu'à retirer le petit appareil du cylindre lorsque c'est nécessaire.

Avant d'introduire la petite bouteille dans le cylindre, on met dans l'entonnoir une goutte de mercure, et on chauffe légèrement le récipient avec la main. Dans l'eau du cylindre la bouteille perdra bientôt le calorique qui lui avait été communiqué par la main, et la goutte de mercure descendra un peu le long du tuyau capillaire où elle formera une petite colonne.

NOUVELLES EXPÉRIENCES *de M.* Seebeck *sur les actions électro-magnétiques.*

(Note communiquée par M. ŒRSTED.)

M. Seebeck, membre de l'Académie de Berlin, a découvert qu'on peut établir un circuit électrique dans les métaux sans l'interposition d'aucun liquide. On établit le courant dans ce circuit en y troublant l'équilibre de température. L'appareil pour faire voir cette action est fort simple : on peut le composer de deux arcs de métaux différens, par exemple, de cuivre et de bismuth soudés ensemble aux deux bouts, en sorte qu'ils fassent en tout un cercle. Il n'est même pas nécessaire que les pièces métalliques aient la forme d'un arc, ou que leur réunion ait celle d'un cercle; il suffit que les deux métaux forment ensemble un circuit, c'est-à-dire, un anneau continu d'une figure quelconque.

Pour établir le courant, on chauffe l'anneau à l'un des deux endroits où se touchent les deux métaux. Si le circuit est composé de cuivre et de bismuth, l'électricité positive prendra, dans la partie qui n'est pas échauffée, la direction du cuivre vers le bismuth; mais si le circuit est composé de cuivre et d'antimoine, la direction du courant, dans la partie non échauffée, ira de l'antimoine vers le cuivre. On ne peut découvrir ces courans électriques que par l'aiguille aimantée, sur laquelle ils exercent une influence très-sensible. Il faudra sans doute désormais distinguer cette nouvelle classe de circuits électriques par une dénomination significative; et comme telle je propose l'expression de

circuits thermo-électriques ou peut-être *thermélectriques*: en même temps on pourrait distinguer le circuit galvanique par le nom *circuit hydro-électrique*.

Tout le monde connaît la série qu'on a formée des conducteurs, en les rangeant par rapport à leur action hydro-électrique. On peut de même ranger les corps en série, d'après leur action thermélectrique. Cette série est bien éloignée de coïncider avec la série hydro-électrique. Le bismuth et l'antimoine forment les deux extrémités de celle-là, tandis qu'ils sont placés assez loin des extrémités de celle-ci : l'argent, au contraire, qui est à l'extrémité négative de celle-ci, est bien éloigné des limites de celle-là. En un mot, chacune de ces deux séries paraît avoir un principe d'arrangement particulier.

M. Seebeck est aussi parvenu à exciter un courant thermélectrique dans un seul métal ; mais cela ne réussit qu'avec des métaux qui ont une texture cristalline bien sensible, en sorte que les diverses parties d'un cristal paraissent jouer alors le rôle de différens métaux. Deux morceaux d'acier, l'un doux, l'autre trempé, constituent aussi ensemble un circuit thermélectrique, et il y a encore d'autres cas analogues où une différence de cohésion donne lieu à un courant ; mais, en comparant entr'eux divers métaux dans la série, on voit facilement que ce n'est pas la cohésion qui détermine le courant thermélectrique ; car les métaux les plus différens par rapport à leur cohésion se trouvent rapprochés dans cette série, et ceux dont les cohésions sont le moins inégales s'y trouvent souvent assez éloignés.

Le volume des *Mémoires de l'Académie de Berlin*, qui va paraître, nous fera connaître dans tout son détail

les expériences aussi nombreuses que variées dont nous n'avons donné ici qu'un aperçu très-rapide. On y trouvera encore des recherches sur l'effet des alcalis et des acides dans le circuit, qui établiront encore une différence plus marquée entre les actions thermélectriques et hydro-électriques. M. Seebeck ne cesse pas de poursuivre ses travaux importans, qui finiront sans doute par établir entre les phénomènes thermélectriques et hydro-électriques une liaison intime, quoiqu'ils aient commencé par nous en faire voir seulement les différences.

Expérience *électro-magnétique par M.* OErsted.

Immédiatement après la découverte des phénomènes électro-magnétiques, plusieurs physiciens distingués crurent qu'on pouvait les expliquer, en admettant dans chaque section transversale du conducteur deux axes magnétiques. Il paraît, à la vérité, que les auteurs de cette hypothèse ne tardèrent pas à l'abandonner, aussitôt que des expériences multipliées en eurent fait voir l'insuffisance. Cependant il y a eu, plus tard, d'autres physiciens qui ont tâché de la remettre en faveur; c'est pourquoi j'ai pensé qu'une expérience directe destinée à faire voir que tous les points de la circonférence du courant électrique exercent une action égale sur l'aiguille, ne serait pas, même à présent, entièrement superflue.

Il ne faut, pour décider la question, que présenter successivement à un des poles d'une aiguille aimantée, tous les points de la circonférence qu'on obtiendrait en cou-

pant, par un plan perpendiculaire, le fil cylindrique le long duquel se transmet l'électricité.

Pour exécuter cette expérience, j'ai arrangé un circuit *ABCD* (fig. 4) dans la forme d'un carré de 10 pieds de côté; l'un des côtés verticaux *AB* était fixé sur une colonne *gH* qui avait un support *I*, sur lequel était placé l'aiguille aimantée; l'autre côté vertical contenait l'appareil galvanique *kz*, composé d'une caisse de cuivre *k* remplie d'eau acidulée et d'une plaque *z* de zinc. On voit bien que les deux parties horizontales et la seconde partie verticale *CD*, étant fort éloignées de l'aiguille, ne pouvaient exercer sur elle aucune influence bien sensible. La partie verticale *CD* était, pour plus de solidité, attachée à une perche. *L* et *M* représentent deux coupes remplies de mercure qui servent à mettre en communication les deux parties horizontales avec la première partie verticale. Par l'a tion de ce circuit, l'aiguille fut amenée à une certaine déviation, qui ne changea point lorsqu'on promena la partie mobile du circuit de manière qu'elle décrivît les trois quarts de la circonférence entière. Or, il est évident que le point du conducteur *AB*, qui se trouvait le plus près de l'une des extrémités de l'aiguille, n'était pas toujours le même point physique de ce conducteur durant l'expérience, et qu'il changeait dès-lors continuellement par rapport au circuit. Supposons, en effet, que ce point, au commencement, fût situé sur la partie extérieure du circuit; quand l'appareil avait décrit un demi-cercle, il devait appartenir à la partie intérieure, tandis qu'après un quart de révolution, le point le plus voisin de l'aiguille était un point latéral.

L'expérience que je viens de rapporter fournit donc une preuve directe de cette vérité, que tous les points, dans une section transversale et circulaire du courant électrique, exercent le même effet sur l'aiguille aimantée: ce qui est contraire à l'hypothèse qu'il existe deux axes magnétiques dans chacune de ces sections.

Communication *faite à l'Institut le 17 février, sur l'explosion de la machine à vapeur d'Essonne.*

Par Mr P. S. Girard.

Les journaux ont annoncé dernièrement l'explosion de la chaudière d'une machine à vapeur établie à Essonne, pour servir de moteur à une filature de coton.

M. Feray, propriétaire de cet établissement, nous ayant fait inviter, M. Darcet et moi, à venir reconnaître les effets de cet accident afin d'en conclure, s'il était possible, les causes qui l'ont occasioné, nous nous sommes rendus à Essonne vendredi dernier. Nous y avons trouvé M. Clément, qui avait été également invité à s'y rendre, ainsi que plusieurs autres personnes.

L'attention de l'Académie ayant été appelée, il y a quelques semaines, sur les avantages et les inconvéniens que présente l'emploi des machines à vapeur à moyenne et haute pression, j'ai pensé qu'il était important de lui rendre compte sur-le-champ de toutes les circonstances d'un fait qui ne peut manquer de jeter quelques lumières

dans une discussion où se trouvent intéressées de la manière la plus grave notre industrie nationale et la sûreté des citoyens.

J'ai bien regretté que la précipitation avec laquelle j'ai été obligé de faire cette reconnaissance ne m'ait pas permis de voir tous ceux de nos collègues qui font partie de la Commission que l'Académie a chargés de lui présenter un rapport sur la question dont il s'agit, et de leur proposer de faire ce voyage avec moi ; mais M. Feray a bien voulu s'engager à laisser pendant toute cette semaine les choses dans l'état où elles ont été mises et où nous les avons trouvées, de sorte que ceux de nos confrères qui en auront le desir pourront en prendre connaissance par eux-mêmes. Je suis encore entièrement à leur disposition pour les accompagner.

La machine à vapeur d'Essonne a été livrée comme étant de la force de trente chevaux ; elle est établie dans le système de moyenne pression de Woolf, et semblable, quant à sa chaudière, à celles qui étaient fabriquées à Dartford, dans les ateliers de Halles.

Cette machine est en activité depuis le 25 août de l'année dernière, et pendant cet espace de temps il paraît qu'il n'y a eu de réparations à faire que celle d'un robinet à vapeur.

Elle est placée à l'extrémité d'un corps de bâtiment en aile où sont établis, au rez-de-chaussée, dans les étages supérieurs, divers ateliers de l'usine.

Le fourneau est placé dans une pièce inférieure au niveau de la cour ; le cylindre à vapeur, le balancier et tout l'attirail mobile de la machine sont placés dans une autre.

Ces deux pièces contiguës sont séparées par un mur dans lequel on a pratiqué une porte de communication.

La longueur du fourneau occupait toute la largeur du bâtiment, sauf l'emplacement qui avait été réservé du côté de sa bouche pour le service des chauffeurs. Du côté opposé, le fourneau s'appuie contre un des murs de face de l'édifice.

Cette pièce est séparée du premier étage par un plancher de sapin extrêmement léger.

La chaudière est un cylindre de fonte d'environ 5 mètres de longueur et de 11 décimètres d'ouverture.

Elle est composée de trois pièces : de deux fonds hémisphériques et d'un cylindre intermédiaire.

Ces trois pièces s'emboîtent les unes dans les autres, en se recouvrant de 12 à 15 centimètres.

La surface de ces recouvremens est inclinée sur l'axe longitudinal de la chaudière de manière à former un assemblage à queue d'hironde annullaire.

L'intervalle que les surfaces de ce joint laissent nécessairement entr'elles pour que les pièces contiguës puissent s'emboîter, est rempli, lorsqu'elles sont mises en place, avec du mastic ordinaire de limaille de fer dont la composition est bien connue.

Il avait été placé sur cette chaudière, et très-près l'une de l'autre, deux soupapes de sûreté de 47 millimètres d'ouverture.

Chacune d'elles était tenue fermée par un poids de 9 kilogrammes suspendu à un bras de levier de 43 centimètres $\frac{3}{10}$ de longueur, qui pressait la tête de ces soupapes et qui avait son centre de rotation à 37 millimètres au-delà.

Chaque centimètre superficiel de la soupape se trouvait en conséquence chargé d'un poids d'un kilogramme et demi à très-peu près lorsque ces soupapes s'ouvraient par l'action de la vapeur.

Telles étaient les dispositions de l'appareil qu'il importe ici de faire connaître.

Nous ajouterons que le service du fourneau était confié à deux chauffeurs, qui se relevaient alternativement.

Le samedi 8 de ce mois, vers onze heures du matin, des contre-maîtres de l'atelier se plaignirent que le mouvement de la machine s'était un peu ralenti pendant qu'un des chauffeurs était de service. Il venait d'être remplacé depuis quelques minutes par son compagnon quand un jeune garçon, qui se trouvait dans l'étage supérieur à la pièce du fourneau, sur le plancher de sapin dont nous avons parlé, s'aperçut, à travers les fentes de ce plancher, qu'il s'échappait une grande quantité de vapeur par les deux soupapes de sûreté. Inquiété de cet effet, il sortit de la pièce où il se trouvait.

Il paraît que l'accident eut lieu presqu'aussitôt.

Les deux pièces antérieures de la chaudière qui sont restées liées l'une à l'autre se sont détachées de la troisième, et ont été poussées parallèlement à l'axe de la chaudière en dehors de la face du fourneau; puis, faisant un mouvement de bascule sur leur extrémité antérieure, elles sont venues tout d'une pièce heurter l'un des pieds droits de la porte donnant sur la cour dont elles ont dérangé et fendu quelques assises.

Le chauffeur de service s'étant trouvé dans la direction de ce mouvement, a été renversé et poussé avec violence

contre le mur, où il est resté engagé sous la chaudière, ayant une cuisse fracturée.

L'autre chauffeur, qui prenait son repas assis près de la porte dans l'intérieur de la pièce, n'a été atteint d'aucun corps qui ait été projeté par l'explosion ; mais il s'est trouvé subitement au milieu d'une atmosphère de vapeur brûlante ; et, quoiqu'il ait fait un pas ou deux hors de la pièce dont la porte venait d'être poussée en dehors, il n'a survécu que trois heures à la lésion de ses organes. Son compagnon, qui était dans le même état, a succombé presqu'en même temps.

La partie postérieure de la chaudière avait été fendue suivant sa longueur : elle était restée à-peu-près dans la place qu'elle occupait. Le gros mur du bâtiment contre lequel le fourneau était adossé en ayant empêché le recul ; toute la maçonnerie de briques du fourneau a été bouleversée.

Les tubes bouilleurs de la chaudière ont été brisés, et le plafond de la pièce a été inondé d'eau chaude.

Les portes et fenêtres en ont été jetées en dehors.

Le plancher de sapin construit au-dessus de la chaudière s'est soulevé, en s'écartant de l'un des murs qui le soutenait. La vapeur s'est introduite par cette ouverture dans l'étage supérieur, où il n'y a eu d'autres dommages que la rupture d'un chassis vitré.

La porte servant de communication entre le fourneau et tout l'attirail mobile de la machine a également été enfoncée, et cependant aucune pièce de cet attirail n'a été dérangée ; cet attirail a même continué de fonctionner encore pendant quelques minutes lorsqu'il n'arrivait plus de vapeur dans le cylindre destiné à la recevoir, et

cela en vertu du mouvement du volant qui a dû consumer en entier, avant d'arriver à l'état de repos, la portion de force motrice qu'il tenait, pour ainsi dire, en réserve.

Au surplus, les personnes occupées dans la carderie, atelier immédiatement contigu à la machine, n'ont ressenti aucune commotion, n'ont entendu aucun bruit, et ne se sont aperçues de la rupture de la chaudière que par l'énorme quantité de vapeur d'eau qui s'est répandue dans les deux cours après l'enfoncement des croisées de la pièce où le fourneau était établi.

Le bâtiment n'a souffert aucune autre dégradation, et son aspect extérieur n'annonce en aucune manière qu'il ait été le lieu d'un aussi grave accident.

Ses résultats et les déterminations importantes qu'il peut provoquer ont fait partager à toutes les personnes qui ont assisté à la visite dont j'ai l'honneur de rendre compte, le desir de rechercher et de reconnaître les causes auxquelles cet événement doit être attribué.

Après un examen attentif de toutes les pièces qu'on avait sous les yeux, on s'est trouvé d'avis unanime que cet accident provenait essentiellement de ce que l'espèce de joint par lequel les trois pièces de la chaudière étaient liées entr'elles, ne présentait pas une résistance suffisante à un effort de 36 milliers de kilogrammes environ, qui s'exerçait sur les deux fonds de la chaudière pour les écarter l'un de l'autre au moment où la vapeur commençait à soulever les soupapes de sûreté.

On a remarqué, en effet, que le mastic de limaille dont ce joint avait été rempli était resté inadhérent aux

deux pièces dans leur emboîture sur la plus grande partie de sa surface.

On a pensé aussi unanimement que ce *dévétissement* n'aurait point eu lieu si les trois parties de la chaudière eussent été liées par des boulons de fer forgé qui auraient traversé des collets ménagés à chacune des extrémités et à l'intérieur de chaque pièce, ainsi que cela se pratique avec succès dans quelques ateliers.

Une des causes incontestables de l'accident est aussi la qualité de la fonte, et l'imperfection avec laquelle les pièces de la chaudière ont été coulées.

Ces pièces sont de première fusion ; et leur imperfection est telle que dans certains endroits de la chaudière elle n'avait que 12 lignes d'épaisseur, tandis que du côté opposé cette épaisseur était au moins de 18 lignes ; d'où résultait une inégalité de résistance qui rendait l'appareil moins sûr, comme on l'aurait indubitablement appris s'il eût été soumis à des épreuves préalables.

Quant aux moyens de prévenir désormais des accidens de cette nature, les Anglais nous en ont déjà indiqué quelques-uns. Nous pourrons ajouter de nouvelles sûretés à celles qu'ils se sont procurées ; mais c'est aux commissaires nommés par l'Académie pour lui faire un rapport sur les machines à vapeur à haute, moyenne et basse pression qu'il appartient de prendre l'initiative à cet égard, de décrire et de comparer ces moyens préservatifs, et de provoquer par les conclusions de leur rapport une discussion dont les résultats sont impatiemment attendus.

Retour *de la Comète à courte période.*

Nous avons annoncé, dans le Cahier de décembre dernier, que la comète à courte période dont on attendait le retour en juin n'avait pas été aperçue par l'astronome anglais du Cap de Bonne-Espérance. Nous nous empressons maintenant d'apprendre aux lecteurs que M. Rumker, à la Nouvelle-Hollande, a été plus heureux, et qu'il a découvert cet astre le 2 juin, très-près de la position que lui assignait, pour ce jour-là, la table calculée d'après les élémens elliptiques de M. Enke, et insérée dans la *Connaissance des Temps* de 1823. (Ce volume a été publié en 1820.)

Les observations de M. Rumker sont au nombre de quinze : elles embrassent l'arc que la comète a parcouru du 2 au 23 juin 1822. Dans cet intervalle, les mouvemens en ascension droite et en déclinaison ont été respectivement 23° et 27° : toujours on a trouvé entre le calcul et l'observation l'accord le plus satisfaisant.

Il est donc parfaitement établi maintenant, qu'il existe, dans notre système solaire, une comète qui fait sa révolution en 1202 jours. Ce premier fruit des recherches de M. Rumker montre quel immense service le général Brisbane aura rendu à la science, en fournissant à un astronome aussi habile les moyens d'établir un observatoire presque à l'antipode de Paris.

(*Voyez,* au sujet de cette même comète, le tome x, page 228, et le tome xi, page 219.)

Analyse *de l'Uranite de Cornouailles.*

Par M. Richard Phillips.

On trouve ce minéral en cristaux jaunes, ou en cristaux d'une belle couleur verte foncée. Leur forme primitive est un prisme carré droit. M. W. Phillips en a décrit les modifications et les variétés dans le troisième volume des *Transactions géologiques.*

M. Gregor regardait les cristaux jaunes comme étant de même nature que les cristaux verts; ce qui est en effet prouvé par l'identité de leur forme. Il avait trouvé que les cristaux verts sont composés de

Oxide d'urane avec une trace d'oxide de plomb.	74,4;
Oxide de cuivre........................	8,2;
Eau	15,4;
Perte	2,0.
	100,0.

M. Berzelius, dans son nouveau *Système minéralogique*, a donné l'analyse de l'uranite d'Autun. Il considère ce minéral comme un composé d'oxide d'urane avec la chaux et l'eau, comme un vrai sel à base de chaux dans lequel l'oxide d'urane joue le rôle d'un acide. Voici le résultat de son analyse :

Chaux	6,87;
Oxide d'urane.....................	72,15;
Eau	15,70;
Oxide d'étain.....................	0,75;
Silice, magnésie, oxide de manganèse.	0,80;
Gangue............................	2,50.
	98,77.

On trouve le même minéral, ajoute M. Berzelius, en Cornouailles; mais il est d'une très-belle couleur verte foncée, laquelle est due à la présence d'une certaine quantité d'arséniate de cuivre qui est accidentelle. Lorsqu'on le traite au chalumeau avec de la soude, il donne des globules métalliques blancs composés d'arséniure de cuivre.

Dans l'intention de me procurer du peroxide d'urane, j'ai dissous de l'uranite vert dans l'acide nitrique : l'oxide d'urane a été précipité par l'ammoniaque, et l'oxide de cuivre a été dissous par un excès de cet alcali. Pour débarrasser l'oxide d'urane de l'acide arsénique qu'il aurait pu contenir, je l'ai fait bouillir dans une dissolution de potasse. En versant du nitrate d'argent dans une portion de cette dissolution, après l'avoir filtrée, j'ai obtenu un abondant précipité jaune, qui avait l'apparence de l'arsénite d'argent. Mais comme l'acide arsénieux n'existe point, je pense, dans la nature, combiné avec aucun oxide métallique, et que d'ailleurs le minéral en question avait été dissous dans l'acide nitrique, il était évident que le précipité jaune ne pouvait être de l'arsénite d'argent.

L'acide phosphorique donnant, comme l'on sait, un précipité jaune avec l'oxide d'argent, je soupçonnai la présence de cet acide dans le minéral; et je trouvai, en effet, que la dissolution alcaline donnait un précipité bleu avec le sulfate de cuivre, et que, saturée avec un acide, elle donnait avec l'ammoniaque et le muriate de magnésie les petits cristaux bien connus de phosphate ammoniaco-magnésien.

Ces circonstances me paraissant donner de l'intérêt à

une nouvelle analyse de l'uranite, j'ai procédé de la manière suivante :

100 grains de l'uranite vert de Cornouailles ont été traités par de l'acide nitrique faible ; il est resté un demi-grain de silice. En cherchant à saturer la solution, avant d'y ajouter du nitrate de plomb pour séparer l'acide phosphorique, j'ai trouvé qu'il se faisait une précipitation long-temps avant que j'eusse ajouté une quantité de potasse suffisante pour la saturation. Comme cet acide nitrique libre aurait dissous du phosphate de plomb, j'ai décomposé la dissolution nitrique en la faisant bouillir avec un excès de potasse ; et, après l'avoir sursaturée avec de l'acide acétique, le nitrate de plomb y a produit un abondant précipité de phosphate. J'ai donné la préférence à l'acide acétique sur le nitrique, parce qu'ayant à peine de l'action sur le phosphate de plomb, on n'a point l'embarras de chercher à éviter une légère sursaturation.

Le phosphate de plomb, ainsi obtenu, pesait 80 grains, et renfermait 16 grains d'acide phosphorique. Les oxides d'urane et de cuivre furent redissous dans l'acide nitrique, et on les sépara par l'ammoniaque, qui précipita l'oxide d'urane et retint en dissolution l'oxide de cuivre. Le premier pesait 60 grains, et le dernier, après avoir bouilli avec la potasse, 9 grains. La solution ammoniacale ne contenait point de chaux. 100 grains d'uranite sont donc composés de :

Silice,	0,5 ;
Acide phosphorique,	16,0 ;
Oxide d'urane,	60,0 ;
Oxide de cuivre,	9,0 ;
Eau, conclue,	14,5.
	100,0.

Voulant déterminer la quantité d'eau par l'expérience, j'ai soumis 50 grains du minéral, dans un creuset de platine, à la chaleur de la lampe à esprit de vin. La perte s'est élevée à 17 pour cent au lieu de 14,5, et n'a pas augmenté par une forte chaleur rouge. Soupçonnant, à cause de cette différence, qu'il s'était volatilisé de l'acide phosphorique avec l'eau, j'ai chauffé une nouvelle portion du minéral, et j'ai tenu au-dessus du creuset du papier teint avec le tournesol. Il a été, en effet, rougi pendant l'expulsion des dernières portions d'eau; et du papier de curcuma qui avait été rougi par l'ammoniaque a repris sa couleur jaune par la vapeur d'acide phosphorique.

M. Berzelius, comme on l'a déjà dit, attribue la couleur verte de notre minéral à la présence de l'arséniate de cuivre; mais les cristaux chauffés sur un charbon au chalumeau par M. Children, en ma présence, sans aucune addition, n'ont point manifesté la plus légère odeur arsénicale; ce n'est qu'après avoir été pulvérisés et mêlés avec du carbonate de soude, qu'ils ont donné dans la flamme de réduction une faible odeur arsénicale sans aucune fumée. Si cependant le minéral contient 9 pour cent d'oxide de cuivre, et que cet oxide soit combiné avec l'acide arsénique, il n'y a pas de doute qu'on ne pût y découvrir l'arsenic avec la plus grande facilité.

Pour examiner encore si l'oxide de cuivre est combiné avec l'acide arsénique, j'ai sursaturé une portion de la dissolution nitrique du minéral avec de l'ammoniaque. Par ce moyen, l'arséniate de cuivre aurait été disous, et le phosphate d'urane précipité sans décomposition.

J'ai fait bouillir la dissolution avec de la potasse, et, après l'avoir filtrée, j'y ai versé du nitrate d'argent. J'ai obtenu un précipité jaune ayant à peine une teinte sensible de rouge, au lieu d'être d'une couleur rouge foncée, comme cela aurait dû être si l'acide arsénique eût été en quantité suffisante dans le minéral pour former de l'arséniate avec l'oxide de cuivre. Il est donc évident que l'oxide de cuivre est à l'état de phosphate; circonstance qui paraît bien vraisemblable, lorsque l'on sait que la mine qui fournit l'uranite donne anssi du phosphate de cuivre.

Il est difficile de déterminer dans quel état d'oxidation l'urane existe dans le minéral; mais comme j'ai trouvé par des expériences directes que lorsqu'il est dissous dans l'acide nitrique et chauffé au rouge il n'augmente point de poids, nous pouvons admettre que l'urane est à l'état de peroxide dans le minéral.

D'après l'analyse citée, il reste un excès d'acide phosphorique de 0,7 sur celui que neutralisent l'oxide d'urane et l'oxide de cuivre. En admettant que le phosphate d'urane soit combiné avec trois atomes d'eau, et le phosphate de cuivre avec deux, d'après les expériences de M. Lunn, le minéral pourra être considéré comme composé de :

Silice,	0,5;
Acide phosphorique,	15,3;
Oxide d'urane,	60,0;
Oxide de cuivre,	9,0;
Eau,	13,8;
Perte,	1,4.
	100,0.

En négligeant la silice, le minéral est essentiellement formé de :

Phosphate d'urane,	73,2 ;
Phosphate de cuivre,	12,3 ;
Eau,	14,5.
	100,0.

M. Berzelius paraît admettre que la seule différence matérielle qu'il y ait entre l'uranite qu'il a analysé et la variété verte, est due à un mélange accidentel de la dernière avec de l'arséniate de cuivre ; mais si l'on fait attention que ce qu'il prend pour de l'oxide d'urane est presque égal en poids avec le phosphate, il restera peu de doute que le minéral d'Autun, aussi-bien que celui de Cornouailles, est essentiellement composé de phosphate d'urane.

(*Annals of Philosophy*, *new series*. v. 57.)

RÉSULTATS *relatifs à l'influence d'une batterie voltaïque, considérée comme un moyen de prévenir les effets qui résultent de la section des nerfs de la huitième paire.*

PAR M. WILSON PHILIP.

(Traduit des *Transactions philosophiques*, 1822.)

LE Dr Philip ayant appris que M. Brodie ne regardait pas quelques-uns des principes qu'il avait avancés comme suffisamment établis, lui proposa de répéter les

expériences en sa présence; voici les résultats sur lesquels ils sont tombés parfaitement d'accord :

On opérait la section des nerfs de la huitième paire dans le col d'un lapin; les extrémités restaient en place; on laissait vivre l'animal durant quelques heures, et, après ce temps, on trouvait que les alimens qu'il avait avalés immédiatement avant qu'on coupât les nerfs, étaient considérablement digérés, même quand les extrémités de ces nerfs s'étaient retirées de manière à être distantes l'une de l'autre d'un quart de pouce.

Dans d'autres expériences, après avoir opéré la section des nerfs, on séparait entièrement les deux extrémités; alors on ne trouvait dans l'estomac du lapin que très-peu d'alimens digérés ou même point du tout. La proportion digérée était d'ailleurs d'autant plus petite qu'on avait laissé l'animal vivre plus long-temps depuis l'opération. La grande masse de ces alimens paraissait seulement mâchée, et la quantité ne diminuait pas sensiblement, quelque long que fût le temps durant lequel on avait laissé vivre le lapin.

Dans une expérience de cette dernière espèce, on exposa l'estomac à l'influence d'une batterie voltaïque, dès le moment où l'on eut opéré la section des nerfs; le courant fut transmis au travers des portions inférieures de ces nerfs. Alors les matières contenues dans l'estomac parurent aussi altérées qu'elles l'auraient été dans le même temps, chez l'animal en parfaite santé, et les changemens étaient d'ailleurs du même genre : les matières avaient pris une teinte noire; celles du pylore étaient plus uniformes et d'une consistance plus ferme que les portions

contenues dans les parties centrales et cardiaques : la quantité de matière avait diminué.

Pendant l'une et l'autre suite d'expériences, la section des nerfs produisit une difficulté dans la respiration. L'animal faisait aussi des efforts pour vomir; ni l'un ni l'autre de ces symptômes ne se manifesta quand l'estomac et les poumons se trouvèrent soumis à l'influence d'un courant voltaïque transmis au travers des parties inférieures des nerfs divisés.

Les poumons d'un lapin auquel on avait coupé les nerfs de la huitième paire étaient, cinq ou six heures après l'opération, dans un état de congestion manifeste; quand les poumons de l'animal demeuraient soumis durant le même temps à l'action galvanique, ils étaient parfaitement sains.

Sur *la Plombagine qui se forme dans les retortes où l'on distille le charbon de terre.*

Les retortes de fonte de fer que l'on emploie à Bath, dans les établissemens pour l'éclairage au gaz inflammable, ont, terme moyen, un peu moins d'un pouce et un quart d'épaisseur, et sont entièrement calcinées dans la partie exposée à la plus grande chaleur, dans environ dix-huit mois, au bout desquels elles ne peuvent plus faire aucun service. Il est à remarquer que la fonte qui n'a point été oxidée dans les endroits exposés à une forte chaleur présente une texture infiniment plus cris-

talline que celle qui n'a point éprouvé une température aussi élevée.

Les retortes hors de service qu'on retire des fourneaux sont revêtues d'une couche de plombagine dont l'épaisseur peut s'élever à 4 pouces, mais qui est toujours plus grande dans le fond des retortes que partout ailleurs. Cette plombagine est plus dure que la meilleure plombagine native ; en poudre, elle ressemble à la plombagine commune, excepté qu'elle est un peu moins brillante et d'un gris de fer plus clair, et pourrait la remplacer dans beaucoup d'usages.

(Conybeare. *Annals of Philosophy*. v. 50.)

Sur *un Phénomène électrique*.

Par Mr P. Moyle.

Après avoir construit un thermomètre de la manière accoutumée, avec un tube de verre à base ovale, et l'avoir scellé hermétiquement, je reconnus, lorsque le mercure se fut abaissé, que le tube n'était point entièrement débarrassé d'humidité, de manière que le mercure adhérait à ses parois et ne descendait pas régulièrement. Il est nécessaire, dans ce cas, pour expulser l'humidité, d'exposer le tube à la chaleur d'une lampe à esprit-de-vin ; ce que je fis sans y laisser entrer l'air ; et lorsque le verre fut échauffé, je forçai le mercure de

la boule, avec la chaleur de ma main, à passer dans l'endroit échauffé. La chaleur était grande, quoiqu'elle ne fût point visible; et au moment où le mercure s'éleva en vapeur et se rendit dans la partie supérieure du tube où il se condensait, je fus frappé du phénomène d'une vive traînée de lumière d'une couleur bleue brillante, particulièrement sensible dans l'obscurité. Cela continua pendant que la chaleur fut suffisante pour réduire le mercure en vapeur.

Cette lumière ressemblait beaucoup à celle du tube électrique, et la répétition fréquente de l'expérience eut toujours le même succès. Je fis alors entrer l'air dans le tube, et les mêmes effets n'eurent plus lieu. En employant un tube de plus grandes dimensions et dans les mêmes circonstances, le phénomène fut beaucoup plus frappant.

Je soupçonnai d'abord que peut-être le mercure était souillé d'une petite portion de zinc, à cause de la ressemblance de la lumière avec celle de ce métal en ignition; mais en répétant l'expérience avec du mercure parfaitement pur, les effets furent précisément les mêmes qu'avant.

(*Annals of Phil. new series.* IV. 439.)

SUR *la Ductilité du verre.*

PAR JOHN DEUCHAR.

L'ART de filer le verre, c'est-à-dire, de l'allonger en fils quand il a été ramolli, remonte à environ quarante ou cinquante ans, et M. Knee, d'Edimbourg, est le pre-

mier qui l'ait pratiqué en grand. Une vingtaine d'années après, au lieu de tirer le verre avec les doigts, on s'est servi d'une roue sur laquelle le fil s'enroule en même temps, et, par ce moyen, on est parvenu à filer le verre beaucoup plus vite que les substances ordinaires.

Ce qui m'a engagé à m'occuper de cet objet, c'est la différence d'apparence que j'avais remarquée entre des fils tirés d'un morceau de verre à vitre à angles aigus, et ceux tirés d'un morceau de cristal circulaire également transparent; les premiers avaient beaucoup d'éclat, et les derniers présentaient une surface obscure.

Quand on tire un morceau de verre creux, le trou se conserve toujours, quelle que soit la finesse du fil. On a pris un morceau de tube de thermomètre dont le diamètre intérieur était très-petit, et on l'a tiré en fils. La roue dont on s'est servi avait 3 pieds de circonférence, et comme elle faisait 500 révolutions en une minute, on obtenait 30000 yards (30000 mètres) de fil par heure; en sorte que le fil était d'une finesse extrême, et que son diamètre intérieur était à peine calculable.

Ce fil, coupé par morceaux d'un pouce et demi de longueur et placé sur le récipient d'une machine pneumatique, un bout en dedans et l'autre en dehors, a laissé passer le mercure en petits filets brillans lorsqu'on a fait le vide dans le récipient.

Le fil provenant d'un petit morceau de verre à vitre, coupé avec un diamant, a présenté, à un microscope puissant, une forme aplatie avec quatre angles droits très-distincts. Il est très-probable, ainsi qu'on l'a déjà remarqué, qu'il doit à cette forme particulière la supé-

riorité de son éclat; car les fils provenant de morceaux de verre ronds ont toujours une apparence sombre.

En réunissant du verre de diverses couleurs en un seul tube, le fil qui en provient conserve toutes les couleurs originales sans qu'elles se mélangent et sans qu'on y remarque aucune interruption; mais la plupart se ternissent par l'opération, particulièrement le jaune, qui, dans quelques expériences, avait presque entièrement disparu. Le noir était passé au brun, et le pourpre et le vert étaient un peu altérés : le bleu n'a paru éprouver aucun changement. Le verre blanc, coloré avec de l'arsenic, était très-fragile.

La plupart des échantillons de verre filé sont aussi souples que la soie, et peuvent aisément être roulés à la manière du fil commun et employés en ornemens. Au toucher, ils ressemblent aux cheveux, et comme eux peuvent être bouclés, et d'une manière permanente, en les roulant sur un fer chaud. Les fils provenant du verre noir ont une si grande ressemblance avec les cheveux noirs, qu'on les confond souvent ensemble.

LETTRE *de M.* Serullas *à M.* Gay-Lussac *sur l'Hydriodure de carbone.*

JE me hâte, Monsieur, de vous informer que je viens de reconnaître qu'on obtient très-abondamment de l'hydriodure de carbone, en traitant simplement une dissolution alcoolique d'iode par une dissolution alcoolique de potasse caustique ou de soude.

Cette expérience, que j'aurais dû faire il y a long-

temps, s'est présentée plusieurs fois à ma pensée en lisant avec la méditation qu'elle demande la note de votre Mémoire, qui traite de l'action des oxides alcalins sur les dissolutions d'iode; mais j'en ai été détourné par la persuasion que je n'avais rien à en espérer, après avoir vu les alliages de potassium et d'antimoine employés si souvent dans le même but, ne produire que rarement et en petite quantité de l'hydriodure de carbone.

Ce n'est qu'aujourd'hui que j'y ai été ramené, en préparant de l'acide iodique par l'oxide de chlore. Le chlorure d'iode avec lequel l'acide reste mêlé par ce mode de préparation, ayant été volatilisé par la chaleur et reçu dans un ballon dont les parois étaient tapissées d'iode d'anciennes expériences, j'ai remarqué que ce sous-chlorure très-chargé d'iode, dissous dans l'alcool et saturé par la potasse caustique, a fourni une quantité d'hydriodure de carbone beaucoup plus considérable que de coutume; ce que j'ai dû attribuer à l'excès d'iode, et m'a conduit à essayer l'action de la potasse caustique sur une simple dissolution alcoolique d'iode qui, en effet, m'a donné beaucoup d'hydriodure de carbone.

La formation de l'hydriodure de carbone, dans ce cas, prouve bien évidemment la décomposition de l'eau; tout comme la formation d'un iodate avec excès d'acide, dès les premiers momens de la saturation d'une dissolution de chlorure d'iode, semble prouver la préexistence de l'acide iodique dans la dissolution, et conséquemment confirmer qu'elle est un mélange d'acide iodique et d'acide hydrochlorique, comme vous l'avez dit.

Metz, 22 mars 1823.

JOURS	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	à midi.	à midi.
1	730,60	+ 7,3	100	729,41	+ 9,6	99	728,21	+ 9,1	94	725,42	+ 6,5	100	+ 9,6	+ 6,1	Couvert.	S. S. E.
2	722,96	+ 5,4	99	722,35	+ 8,9	89	722,57	+ 9,5	87	724,86	+ 4,4	99	+ 9,5	+ 3,8	Trouble et nuageux.	E. S. E.
3	731,15	+ 4,5	100	732,78	+ 8,9	94	734,13	+ 9,2	92	738,98	+ 4,8	95	+ 9,2	+ 3,2	Couvert, brouillard.	E.
4	747,12	+ 2,8	94	747,30	+ 5,8	89	746,17	+ 7,0	83	746,10	+ 4,6	96	+ 7,0	+ 0,6	Nuageux.	S.
5	752,12	+ 1,2	90	752,54	+ 2,8	79	752,30	+ 3,5	78	752,05	+ 0,8	90	+ 3,5	— 1,0	Couvert, brouillard.	O. S O.
6	744,85	+ 0,2	88	743,74	+ 0,8	100	743,80	+ 3,2	98	743,50	+ 3,0	100	+ 3,2	+ 0,3	Pluie continuelle.	E. N. E.
7	741,05	+ 8,4	99	740,28	+11,8	93	739,73	+11,0	91	740,50	+ 7,0	100	+11,8	+ 6,3	Trouble et nuageux.	S. S. O.
8	749,45	+ 4,5	91	750,68	+ 7,2	78	751,46	+ 7,5	75	752,50	+ 3,2	95	+ 7,5	+ 2,5	Nuageux.	O.
9	755,40	+ 3,5	93	755,78	+ 6,5	88	755,05	+ 5,9	86	753,90	+ 4,0	97	+ 6,5	+ 2,5	Nuageux.	S. O.
10	752,60	+ 7,0	97	750,35	+ 8,6	91	745,60	+ 9,7	98	745,24	+11,2	100	+11,2	+ 5,8	Couvert.	S. O.
11	750,94	+11,2	98	751,78	+11,9	89	751,65	+11,7	90	750,80	+ 9,5	98	+11,9	+ 9,5	Couvert, brouillard.	O. S. O. fort.
12	746,80	+ 8,8	94	745,72	+12,0	85	745,12	+12,5	85	747,28	+ 7,5	96	+12,1	+ 5,0	Nuageux.	S S. O.
13	751,93	+ 5,8	95	753,04	+ 9,8	78	753,38	+ 9,5	73	753,18	+ 5,2	94	+ 9,8	+ 5,0	Nuageux.	O.
14	750,17	+ 6,2	94	750,23	+ 8,1	88	749,77	+ 8,1	85	750,70	+ 4,0	95	+ 8,1	+ 3,8	Couvert.	S. S. O.
15	753,96	+ 2,5	100	754,16	+ 5,4	90	754,73	+ 3,2	97	756,75	+ 2,5	100	+ 5,4	— 0,3	Couvert.	N. O.
16	758,73	+ 1,2	100	759,08	+ 3,1	96	758,92	+ 3,8	92	760,30	+ 2,0	90	+ 3,8	+ 0,6	Couvert, brouillard,	N.
17	761,38	— 1,0	91	760,67	— 0,6	88	759,90	— 0,5	85	759,36	— 1,0	90	— 0,5	— 1,0	Couv., léger brouil.	N. N. E.
18	756,98	+ 0,9	91	755,64	+ 4,4	85	754,10	+ 4,2	82	750,28	+ 2,2	89	+ 4,4	— 0,2	Quelques éclaircies.	S.
19	741,48	+ 7,0	100	742,45	+ 8,8	88	744,25	+ 7,5	85	750,26	+ 3,8	97	+ 8,8	+ 3,5	Quelques éclaircies.	S. O. fort.
20	754,89	+ 3,9	96	756,34	+ 5,5	88	757,08	+ 7,9	76	758,89	+ 1,2	96	+ 7,9	+ 0,5	Très-nuageux.	N. O.
21	755,86	+ 3,2	99	753,17	+ 6,2	98	750,62	+ 7,8	99	750,02	+ 8,8	100	+ 8,8	+ 1,8	Couvert,	S, S. O. fort.
22	753,75	+ 7,8	99	752,80	+10,4	88	751,10	+10,0	86	754,22	+ 4,5	95	+10,4	+ 2,8	Couvert.	S. O.
23	757,31	+ 6,8	94	755,97	+10,1	87	754,10	+ 9,8	86	748,45	+ 7,1	94	+10,1	+ 4,0	Couvert,	O S. O.
24	750,98	+ 7,5	89	751,52	+10,2	76	751 97	+ 9,8	70	754,36	+ 6,4	92	+10,3	+ 5,5	Très-nuageux.	O. fort.
25	754,88	+ 4,0	96	752,36	+ 7,3	90	746,88	+ 6,5	98	744,16	+ 5,7	89	+ 7,3	+ 1,8	Couvert, brouillard.	S.
26	740,04	+ 4,8	89	735,23	+ 6,2	95	732,77	+ 7,5	82	735,64	+ 3,5	95	+ 7,5	+ 2,2	Pluie contin., brouil.	S O. fort.
27	733,22	+ 5,0	96	733,20	+ 7,5	88	734,35	+ 3,8	97	738,40	+ 1,8	93	+ 8,0	+ 1,8	Pluie par intervalles.	S. O.
28	744,47	+ 3,5	90	745,65	+ 6,0	73	746,45	+ 5,9	92	749,85	+ 1,5	98	+ 6,0	+ 1,5	Quelques éclaircies.	O. N. O.
1	742,73	+ 4,5	95	742,52	+ 7,1	90	741,90	+ 7,6	88	742,30	+ 4,9	97	+ 7,9	+ 3,0	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	752,73	+ 4,6	96	752,91	+ 6,8	89	752,89	+ 6,8	85	752,78	+ 3,7	94	+ 7,2	+ 2,6	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 6,505
3	748,81	+ 5,3	94	747,48	+ 8,0	87	746,03	+ 7,6	87	746,88	+ 4,9	94	+ 8,5	+ 2,7	Moyenn. du 21 au 28.	Terrasse, 5,661
	748,04	+ 4,8	95	747,65	+ [illegible]	89	74[illegible],00	+ [illegible],3	87	747,[illegible]	+ 4,5	95	+ 7,8	+ 2,8	Moyennes du mois, +5°,3.	

SUR *les Sulfures qui proviennent de la réduction de quelques sulfates par le moyen du charbon.*

PAR Mr P. BERTHIER,
Ingénieur au Corps royal des Mines.

ON sait depuis long-temps qu'à la température de la chaleur blanche, le charbon transforme en sulfures tous les sulfates qui ne sont pas très-facilement décomposables par la chaleur seule; mais jusqu'ici on s'est peu occupé de rechercher quelles sont la nature et la composition des différens sulfures que l'on peut obtenir ainsi. C'est cette recherche que je me suis proposé de faire pour un certain nombre de ces sulfures, en entreprenant les expériences dont je vais rendre compte. Ces expériences m'ont donné les moyens de résoudre la question encore indécise de savoir si les alcalis et les terres alcalines sont à l'état métallique dans leurs sulfures préparés par la voie sèche. Elles sont si simples, que l'on est étonné qu'elles n'aient pas été faites plus tôt: on va voir qu'elles eussent conduit de la manière la plus directe et la plus évidente à la connaissance de la nature des alcalis et des terres alcalines, connaissance que l'on n'a acquise, relativement aux terres alcalines, que par des moyens indirects et par des raisonnemens fondés sur des analogies.

On a coutume de procéder comme il suit lorsque l'on veut réduire un sulfate par le charbon : on pulvérise les deux substances, on les passe à travers un tamis de soie, et on les mêle ensemble le plus exactement possible; on introduit ce mélange dans un creuset de terre, on le

recouvré d'une couche de poussière de charbon épaisse d'un travers de doigt pour le garantir du contact de l'air, puis on adapte au creuset un couvercle qu'on lute avec de l'argile, et enfin on chauffe ce creuset, pendant une heure ou deux, dans un fourneau à vent ordinaire. Cette méthode a l'avantage de n'exiger ni beaucoup de temps ni une température élevée ; elle est très-bonne pour préparer les sulfures que l'on doit employer comme réactifs ; mais alors ces sulfures ne sont jamais absolument purs ; parce que, comme il n'est pas possible de calculer rigoureusement la proportion de charbon qui est nécessaire pour opérer la réduction (1), si l'on en met une quantité insuffisante, le sulfure est mélangé de sulfate, et si, pour éviter cet inconvénient, on emploie un excès de ce combustible comme il convient de le faire, il en reste dans le sulfure.

J'ai trouvé que l'on se procure très-aisément des sulfures parfaitement purs en chauffant les sulfates dans des creusets brasqués de charbon, sans les mélanger avec ce combustible (2) : après avoir placé le sulfate, broyé ou

---

(1) Dans l'acte de la réduction, le charbon est converti, partie en acide carbonique, partie en oxide de carbone ; la proportion relative de ces deux gaz n'est pas la même pour les différens sulfates, et il y a lieu de croire qu'elle varie pour chaque sulfate selon les circonstances.

(2) Le creuset brasqué est un instrument très-précieux et dont on ne fait pas un assez fréquent usage. J'ai déjà fait connaître ailleurs ses principaux avantages : ces avantages consistent, 1°. en ce qu'il est infusible ; 2°. en ce qu'il peut contenir toutes les matières terreuses en fusion, sans les al-

non, dans le creuset, on remplit celui-ci avec de la brasque que l'on tasse fortement, et on le bouche avec un couvercle que l'on assujettit avec de l'argile, afin que le charbon ne puisse pas se brûler, etc. Cette méthode est fondée sur la propriété qu'ont les sulfates de se réduire par voie de cémentation, comme la plupart des oxides, lorsqu'on les tient exposés, en contact avec le charbon, à une température convenable pendant un temps suffisant. Le temps qu'exige la réduction dépend : 1°. de la température; 2°. de la fusibilité des sulfures, et 3°. du volume des masses. Les sulfates sont tous réductibles à la simple chaleur blanche; mais la réduction est d'autant plus prompte que la température est plus élevée. Lorsque les sulfures sont fusibles à la température à laquelle on opère, ils se réunissent en globules à mesure qu'ils se forment, et comme leur pesanteur spécifique est toujours beaucoup plus grande que celle des sulfates dont ils proviennent, ces globules ne tardent pas à couler au fond des creusets : il en résulte que la brasque étant toujours en contact immédiat avec les sulfates, ceux-ci se décomposent très-rapidement : aussi, dans ce cas, la réduction peut-elle se faire en quelques heures, même lorsque l'on opère sur plusieurs centaines de grammes de matière. Quand, au contraire, les sulfures sont infusibles, ils restent interposés entre la brasque et les sulfates, et alors la réduction est lente, parce

---

térer; et 3°. en ce qu'il opère la réduction de presque tous les oxides métalliques par le seul contact et sans qu'il soit nécessaire de mélanger aucun corps combustible avec ces oxides, etc.

qu'elle ne peut avoir lieu qu'en se propageant à travers la croûte de sulfure déjà formée, de la surface au centre des masses, et elle exige un temps d'autant plus long que ces masses sont plus considérables. L'expérience m'a appris que, dans ce cas, lorsqu'on opère sur 25 à 30 grammes de sulfate, la réduction n'est complète qu'au bout d'environ deux heures. Il suit de là qu'il ne serait ni avantageux ni commode d'appliquer la méthode de réduction par cémentation à la préparation des sulfures peu fusibles, tels que le sulfure de barium, etc., que l'on voudrait obtenir en grande quantité pour les employer comme réactifs. Mais cette méthode est précieuse comme moyen de recherche, non-seulement parce qu'elle donne des sulfures purs, et dont par conséquent il est possible de déterminer exactement la composition par l'analyse; mais encore parce qu'elle permet de recueillir sans perte le sulfure produit par la réduction d'un sulfate, et de conclure, par différence, le poids des matières volatiles qui se dégagent pendant la réduction. C'est ce qu'on va voir par les exemples que je vais rapporter.

Si l'on chauffe dans un creuset brasqué, à la température d'un essai de fer, du sulfate de baryte, du sulfate de strontiane ou du sulfate de chaux parfaitement purs et préalablement calcinés, le sulfure qui en résulte forme une masse bien agglomérée que l'on peut retirer du creuset sans la briser, en cernant doucement la brasque avec la lame d'un couteau : or, en prenant le poids de ce sulfure, on trouve que la perte que le sulfate a éprouvée est précisément égale au poids qui représente la somme des quantités d'oxigène contenues dans sa

base et dans son acide. Si, d'un autre côté, on dissout le sulfure dans l'acide muriatique, on peut s'assurer qu'il ne se dégage pendant la dissolution que du gaz hydrogène sulfuré parfaitement pur, et qu'il ne se forme ni dépôt de soufre ni acide oxigéné ayant ce combustible pour base; enfin, si l'on chauffe une portion du sulfure dans un creuset d'argent avec trois ou quatre fois son poids de nitre, on remarque que l'on régénère exactement la quantité de sulfate correspondant à la portion de sulfure employé, et que le sulfate régénéré ne renferme ni excès de base ni excès d'acide (1). Ces trois expériences concordent et prouvent de la manière la plus évidente que les sulfures qui proviennent des sulfates de baryte, de strontiane et de chaux ne contiennent pas d'oxigène, et par conséquent que leur base est à l'état métallique.

Les sulfures que l'on obtient en réduisant par le charbon le sulfate de potasse et le sulfate de soude sont également à base métallique; car ils se dissolvent dans les acides avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré pur et sans dépôt de soufre, etc., et ils sont transformés en

---

(1) Lorsqu'on opère sur le sulfure de barium, il suffit de délayer dans l'eau et de saturer d'acide muriatique; quand on opère sur d'autres sulfures, on sature de même d'acide muriatique, et l'on recueille la portion du sulfate régénéré qui peut rester insoluble; mais ensuite on décompose la portion dissoute en précipitant d'abord la base par un sous-carbonate alcalin pur, puis l'acide sulfurique par un sel de baryte, après avoir fait bouillir avec de l'acide muriatique.

sulfates neutres par le nitrate de baryte (1) ; mais il n'est pas possible de chercher une preuve de ce fait dans la proportion d'oxigène qui se dégage pendant la réduction, comme pour les sulfures de barium, etc., parce que les sulfures de potassium et de sodium sont tellement fusibles et tellement volatils, que la plus grande partie pénètre dans la brasque, tandis que le reste se dissipe en vapeurs (2).

Lorsqu'on chauffe le sulfate de magnésie avec du charbon, il ne donne qu'un résidu pulvérulent composé de magnésie mêlée d'une petite quantité de sulfure ; mais en analysant ce mélange, on trouve que le sulfure qu'il contient doit être à base de magnésium. Le sulfure de magnésium peut d'ailleurs être obtenu en combinaison avec d'autres sulfures, comme le sulfure de potassium, etc. Ainsi, sous le rapport de la sulfuration comme sous beaucoup d'autres rapports, la magnésie forme le passage entre les alcalis et les terres.

(1) On chauffe dans un creuset de platine, on délaie dans l'eau, on sature d'acide muriatique et on lave le sulfate de baryte ; puis on précipite l'excès de baryte contenu dans la liqueur par le sulfate d'ammoniaque, on évapore et on calcine, ce qui donne du sulfate de potasse, et on voit, d'après le résultat, que la quantité de potasse contenue dans ce sel correspond à la quantité d'acide sulfurique contenue dans le sulfate de baryte, etc.

(2) MM. Vauquelin et Gay-Lussac ont émis l'opinion que les sulfures alcalins sont à base métallique il y a déjà quelques années ; et ils l'ont appuyée sur des raisonnemens si plausibles, qu'on pouvait les considérer comme équivalens à des preuves.

Puisque, dans la réduction des sulfates qui ont pour base une terre alcaline, il ne se dégage pas de soufre, et que la perte que ces sulfates éprouvent est plus grande que celle qui correspondrait à l'oxigène de leur acide, il faut nécessairement qu'il se volatilise en outre un autre corps qui fasse partie constituante de la base: l'expérience donne rigoureusement la proportion de ce corps, et il suffirait d'opérer la réduction en vases clos pour s'assurer, en recueillant les gaz, en les mesurant et en les analysant, que ce corps n'est autre que l'oxigène. Ces expériences auraient donc pu conduire à la découverte de la composition des terres alcalines, ainsi que je l'ai dit en commençant.

Quant aux alcalis, on serait arrivé au même résultat en suivant une marche inverse, c'est-à-dire, en cherchant combien une quantité déterminée de sulfure peut régénérer de sulfate; et comme il est assez difficile de se procurer du sulfure pur, on aurait opéré, soit sur un mélange de sulfure et de charbon que l'on obtient aisément, soit sur une combinaison de sulfure alcalin avec un autre sulfure, combinaison que l'on prépare aussi très-facilement, ainsi que je le ferai voir plus bas, et l'on aurait dosé avec tout le soin possible soit le charbon mélangé, soit le sulfure combiné avec le sulfure alcalin.

Je vais présenter le détail des expériences qui ont servi de base à ce que je viens d'exposer; je passerai ensuite en revue différens sulfures métalliques, et je ferai connaître, en terminant, quelques combinaisons de sulfures qui n'ont pas encore été observées.

Sulfate de baryte. 20 gr. de sulfate de baryte artifi-

ciel, calciné, ayant été chauffés dans un creuset brasqué à la température de 150° W., ont donné $14^g,4$ de sulfure : perte $5^g.,6=0,28$. Ce sulfure était blanc, nuancé de gris dans quelques parties, faiblement aggloméré, s'égrenant entre les doigts, grenu, à grains cristallins. Il se dissolvait complètement dans l'eau sans la colorer. L'acide muriatique dégageait de l'hydrogène sulfuré de la dissolution sans la troubler sensiblement. Pour transformer ce sulfure en sulfate, on a essayé, 1°. de le griller, mais il est resté presque inaltérable; 2°. de le traiter par l'acide nitrique et par l'eau régale, mais on n'a pu éviter le dégagement d'une grande quantité d'hydrogène sulfuré; 3°. de le chauffer avec du chlorate de potasse, mais ce sel ne l'a attaqué qu'incomplètement; 4°. enfin, de le faire détonner avec du nitre : ce moyen a parfaitement réussi, en élevant la température jusqu'à la chaleur blanche; en délayant dans l'eau et saturant d'acide muriatique, on a trouvé que la liqueur ne contenait point d'acide sulfurique, mais seulement une trace insignifiante de baryte.

120 gr. de sulfate de baryte cristallisé d'Auvergne, réduit en poudre, ayant été chauffés dans un creuset brasqué au four à porcelaine de Sèvres, ont donné une masse de sulfure fortement agglomérée, à cassure grenue, cristalline, d'un gris légèrement rosacé et pesant 86 gr. : la perte a donc été de $34^g.=0,28$, comme dans la première expérience.

La quantité d'oxigène contenu dans le sulfate de baryte étant théoriquement de 0,285, il est évident que le sulfure produit par la réduction de ce sel est le sulfure de barium BS^2, qui doit être composé de :

Barium,	0,8099	100;
Soufre,	0,1901	24,47.

Sulfate de strontiane. 20 gr. de sulfate de strontiane artificiel, parfaitement pur et calciné, chauffés dans un creuset brasqué à la température de 150° W., ont donné une masse blanche, grenue, agglomérée, mais friable, pesant 12g.,80; perte, 7g.,20 = 0,35 : or, la quantité d'oxigène contenue dans le sulfate est de 0,33; le sulfure obtenu est donc le sulfure de strontiane StS^2, composé de :

Strontium,	0,7317	100;
Soufre,	0,2683	36,6 :

la différence des résultats ne peut être attribuée qu'à une petite perte accidentelle.

Sulfate de chaux. 20 gr. de sulfate de chaux limpide du Puy (Haute-Loire), chauffés, etc., ont donné 10g.,76 de sulfure; perte, 9g.,24 = 0,462 : or, le sulfate de chaux cristallisé contient 0,467 d'eau et d'oxigène; le sulfure obtenu est donc le sulfure de calcium CS^2, composé de :

Calcium,	0,561	100;
Soufre,	0,439	78,3.

Ce sulfure était parfaitement blanc et opaque; il n'avait éprouvé aucun commencement de fusion, et il conservait la forme des morceaux de gypse que l'on avait employés : il s'est dissous, etc. Il est presque inaltérable par le grillage.

Sulfate de potasse, sulfate de soude. En chauffant à la chaleur blanche du sulfate de potasse ou du sulfate

de soude avec la moitié de leur poids de charbon en poudre, on obtient une masse noire faiblement agglomérée, et qui n'adhère presque pas au creuset. C'est un mélange de sulfure de potassium ou de sulfure de sodium et de charbon. Si l'on place dans les creusets quelques morceaux de ces sels, de la grosseur d'une noisette environ, on trouve ces morceaux transformés en sulfures purs, et l'on voit qu'à cet état ces sulfures sont mamelonés, cristallins, translucides et d'un beau rouge de chair. Les sulfures de potassium et de sodium sont très-avides d'eau, et ils se dissolvent dans ce liquide en développant une vive chaleur. Lorsqu'ils sont mêlés de charbon, ils s'embrasent dès qu'on les humecte; ils sont très-difficiles à griller; ils se transforment en sulfates, mais lentement, et il ne s'en dégage pas du tout de soufre.

Le sulfure de potassium KS^2, qui provient du sulfate, doit être composé de :

Potassium,	0,7089	100;
Soufre,	0,2911	41,06;

et le sulfure de sodium analogue NS^2 doit contenir :

Sodium,	0,5913	100;
Soufre,	0,4087	69,27.

100 gr. de sulfate de potasse doivent produire 63 gr.,3 de sulfure de potassium.

100 gr. de sulfate de soude doivent produire 55 gr. de sulfure de sodium.

Sulfate de magnésie. 10 gr. de sulfate de magnésie pur et récemment calciné, réduits à la température de 150° W.,

ont donné un résidu blanc friable, pesant 3g.,95; perte, 6g.,05.

1g.,5 de cette matière ayant été mis en ébullition avec de l'eau, il est resté de la magnésie pure, qui s'est dissoute sans effervescence dans les acides. La liqueur contenait de l'hydrosulfate de magnésie, et a donné 0,18 de magnésie par la potasse.

1 gr. de la même matière ayant été chauffé au rouge avec du nitre, on a obtenu, par les procédés d'analyse ordinaires, 0,90 de magnésie, et 0,85 de sulfate de baryte, qui équivalent à 0,12 de soufre. D'après ces expériences, la matière devait être composée de :

Magnésie,	0,780	
Magnésium,	0,072	Sulfure de magnésium, 0,192.
Soufre,	0,120	
	0,972.	

En rectifiant ce résultat par le calcul théorique, on trouverait :

Magnésie,	0,786	
Magnésium,	0,094	Sulfure, 0,214;
Soufre,	0,120	

et alors la perte du sulfate, par la réduction, aurait dû être de 0,608 au lieu de 0,605. On ne saurait mettre en doute, d'après cela, qu'il y ait eu production de sulfure de magnésium.

Lorsqu'on chauffe du sulfate de magnésie mélangé de charbon, à une température même peu élevée, il abandonne presque tout son acide, et il ne se forme pas, à beaucoup près, autant de sulfure de magnésium que

quand on traite le sel sans mélange de charbon dans un creuset brasqué à une haute température.

Sulfate de cuivre. 10 gr. de sulfate de cuivre, privé d'eau par la calcination, autant qu'il est possible de le faire sans le décomposer, réduits à la température de 150°, ont donné 4g.,76 de sulfure, mélangé de quelques grenailles de cuivre rouge. Le sulfure, débarrassé de grenailles, a été trouvé, par l'analyse, avoir la même composition que le sulfure CS. Le sulfate abandonne donc, en produisant ce sulfure, la moitié du soufre qu'il contient. D'après cela, il devrait donner 0,499 de sulfure CS : si l'on n'en a obtenu que 0,476, c'est probablement parce qu'une partie du sulfate a été totalement décomposée par la chaleur, avant que la cémentation ait pu pénétrer jusqu'au centre de la masse.

La présence des grenailles de cuivre dans le sulfure CS faisait présumer qu'il ne pouvait pas se former de sulfure inférieur. Pour m'en assurer, j'ai fait un mélange, à parties égales, de ce sulfure et de cuivre métallique en limaille, et je l'ai exposé à une température élevée dans un creuset brasqué : il y a eu une perte du poids d'environ 0,06, et j'ai obtenu un sulfure semblable à celui que j'avais employé, et un culot de cuivre rouge parfaitement pur, et un peu plus pesant que le cuivre introduit dans le mélange. Il résulte de cette expérience que le cuivre et le sulfure CS sont sans action l'un sur l'autre; l'augmentation de poids du cuivre semble prouver aussi que le sulfure se laisse en partie décomposer par le charbon.

Sulfate de zinc. 30 gr. de sulfate de zinc calciné, ayant

été chauffés dans un creuset brasqué à la température de 150° W., n'ont laissé que 4g.,5 de résidu = 0,15.

30 autres grammes du même sel, tenus pendant une heure à la simple chaleur blanche dans un creuset brasqué, ont laissé un résidu du poids de 13g.,2 = 0,44.

Ces résidus étaient l'un et l'autre en masse friable, composée de grains cristallins; le premier de couleur brune, le second d'un blond clair : je les ai analysés tous les deux, et j'ai trouvé dans le premier 0,355 de soufre, et dans le second environ 0,340 : cette différence dans la proportion du soufre provient de ce que le résidu brun était mélangé d'une quantité très-notable de sulfure de fer, tandis que le résidu blond n'en contenait que très-peu, et la présence du sulfure de fer est due à ce que le sulfate de zinc qu'on a employé n'avait pas été parfaitement purifié, et renfermait encore du sulfate de fer. Ces expériences prouvent que le sulfate de zinc se réduit très-aisément, même à une température peu élevée, et que le sulfure qu'il produit est identique avec la blende, c'est-à-dire que c'est le sulfure ZS^2, composé de :

Zinc,	0,667 —	100 ;
Soufre,	0,333 —	50.

Rien ne sera donc plus facile maintenant que de préparer ce sulfure par la voie sèche, ce que l'on n'avait pas encore pu faire jusqu'à présent (1).

On a vu que, dans l'une des expériences précitées, le sulfate de zinc n'a produit que 0,15 de sulfure; cepen-

---

(1) *Annales des Mines*, tome III, page 474.

dant, d'après les quantités de soufre et de zinc que renferme ce sel, il devait en produire la moitié de son poids : il y a donc eu une volatilisation très-considérable pendant l'opération. Comme la blende est fixe et indécomposable par la chaleur, on ne pouvait expliquer cette volatilisation qu'en admettant ou qu'une portion du sulfate avait été décomposée par la chaleur avant d'être réduite, ou que le sulfure avait été lui-même en partie décomposé par l'action du charbon. On avait opéré sur de trop petites quantités pour que la première supposition parût vraisemblable : j'ai donc dû rechercher, par une expérience directe, si le charbon a réellement la faculté de décomposer le sulfure de zinc : le résultat a été affirmatif, comme on va le voir. On a chauffé, dans un creuset brasqué, à la température de 150°, pendant une heure, un morceau de blende de Pontpéan, pesant 20 gr. : après l'opération, il n'a plus pesé que 11 gr. ; il était arrondi, ce qui prouve qu'il avait été au moins à demi fondu, compacte, brun, à cassure lamelleuse brillante, et presqu'en tout semblable à la blende employée. On l'a chauffé de nouveau de la même manière, et il s'est réduit à 6 gr. : il était alors d'un brun presque noir, parce que tout le sulfure de fer contenu dans la blende s'y était concentré. Ainsi, dans les deux opérations, la perte a été de 0,67. Il est probable que si l'on eût mélangé ensemble de la blende en poudre et du charbon, la volatilisation aurait eu lieu complètement en très-peu de temps. Malheureusement, cette décomposition ne s'effectue qu'à une température très-élevée, et il n'est guère probable, d'après cela, qu'on puisse employer ce procédé pour extraire en grand le zinc de

la blende. Comme la réduction du sulfure de zinc par le charbon est due sans aucun doute à l'affinité de ce combustible pour le soufre et à la tendance qu'a le zinc à se volatiliser, il doit se dégager à la fois, pendant l'opération, du zinc métallique et du sulfure de carbone. Je n'ai pas essayé de recueillir ces substances, parce que cela aurait été embarrassant; mais j'ai reconnu la formation du sulfure de carbone dans une circonstance analogue, savoir : dans la décomposition du sulfure d'antimoine par le charbon (1). Pour cela, j'ai chauffé à la chaleur blanche, dans une cornue de grès, un mélange de 100 gr. de sulfure d'antimoine en poudre et de 6 gr. de charbon, et j'ai fait passer les gaz qui se sont dégagés dans un petit tube à moitié plein d'eau : ayant arrêté l'opération au bout d'environ trois quarts d'heure, j'ai trouvé au fond du tube un liquide huileux, incolore, et qui présentait tous les caractères du sulfure de carbone; j'ai pu en peser plus de 10 gr. : la matière qui restait dans la cornue ne renfermait plus que 0,14 de soufre, au lieu de 0,27, que devait en contenir le sulfure employé.

Il suit de ce qui précède que le carbone, en vertu de la tendance qu'il a à se combiner avec le soufre, peut réduire plusieurs sulfures métalliques, indécomposables par la chaleur seule. Il paraît même que ce combustible a de l'action sur presque tous les sulfures; car on remarque que la plupart, tels que le sulfure de fer, le sulfure de cuivre, etc., diminuent toujours sensiblement

---

(1) J'ai constaté cette décomposition par une expérience qui a été publiée dans les *Annales des Mines*, t. III, p. 560.

de poids lorsqu'on les chauffe pendant un certain temps dans des creusets brasqués de charbon.

Sulfate de plomb. Lorsqu'on chauffe le sulfate de plomb dans un creuset brasqué à la chaleur rouge, il se transforme en sous-sulfure PS, et il y a dégagement de gaz acide sulfureux. Quand on l'expose à une température plus élevée, une partie du sous-sulfure se volatilise, et une autre partie se décompose en abandonnant du plomb pur.

Sulfate de manganèse. Le sulfate de manganèse se réduit très-facilement. Lorsqu'après l'avoir mélangé avec un excès de charbon, on le chauffe à la simple chaleur blanche, le sulfure qu'il produit est pulvérulent, noir et sans éclat : ce sulfure se dissout très-rapidement dans l'acide muriatique et dans l'acide sulfurique, avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré parfaitement pur; il renferme par conséquent tout le soufre du sulfate, et il est composé de :

Manganèse,	0,6388 —	100;
Soufre,	0,3612 —	56,32.

Lorsqu'on expose le sulfate de manganèse en petite quantité à la haute température d'une forge d'essai dans un creuset brasqué, le sulfure qui en résulte se fond et se présente sous la forme d'un culot caverneux, à cassure grenue et cristalline, d'un gris de fer foncé avec un éclat demi-métallique. Si l'on n'emploie qu'une petite quantité de sulfate, le sulfure est de même nature que le précédent, et le sel en donne à très-peu près les 0,59 de son poids; mais si l'on opère sur une quantité un peu considérable, on obtient moins de 0,59 de

sulfuré, et ce sulfure renferme moins de 0,36 de soufre, parce qu'il arrive alors qu'une portion du sulfate est décomposée par la chaleur avant que la réduction ait pu se propager jusqu'au centre de la masse.

Le sulfure de manganèse est tellement avide d'oxigène, que lorsqu'on le traite par l'acide nitrique, même concentré, ou par l'eau régale, il décompose toujours en même temps l'eau et l'acide. On ne peut l'analyser exactement qu'en le chauffant avec du nitre, ou mieux avec du nitrate de baryte.

Sulfates de fer. J'ai réduit au creuset brasqué le protosulfate de fer et le persulfate que l'on obtient en évaporant à siccité une dissolution de protosulfate mêlée d'acide nitrique. En opérant sur 20 gr., il est résulté des deux sulfates deux sulfures absolument semblables l'un et l'autre, pour l'aspect, au sulfure que l'on prépare en fondant du fer avec un excès de soufre, c'est-à-dire, au protosulfure FS^2 : cependant, en analysant ces sulfures, j'ai trouvé dans le premier 0,34 de soufre, et dans le second 0,325 au lieu de 0,37 qu'en renferme le protosulfure. Il est évident que cette différence vient de ce qu'une certaine portion des sulfates est décomposée par la chaleur avant qu'elle puisse être atteinte par la cémentation, et que, si l'on n'opérait que sur de très-petites masses, ou si l'on graduait très-lentement la chaleur, la réduction aurait lieu sans aucune perte de soufre, et produirait par conséquent le sulfure FS^2 parfaitement pur.

Les sulfures de fer qui contiennent moins de soufre que le protosulfure sont des mélanges de ce dernier et de fer à l'état de fonte. Le sulfure FS n'existe pas, ou

du moins il ne peut pas se former par la voie sèche. J'ai fondu au creuset brasqué 20 gr. de protosulfure FS^2 artificiel avec 12 gr. de fil de fer : ce mélange, au lieu de produire le sulfure FS dont il contenait les élémens, a donné deux culots superposés qui se sont séparés sous le choc du marteau ; l'un semblable par l'aspect au sulfure ordinaire, et l'autre analogue à la fonte, demi-ductile, gris de fer et à cassure lamelleuse : ce dernier contenait 0,025 de soufre, c'était de la fonte mêlée de sulfure ; le premier était au contraire du protosulfure mêlé d'un peu de fonte. Ces deux substances ne se séparent jamais complètement l'une de l'autre, et il m'est arrivé plusieurs fois d'obtenir des culots dans lesquels elles étaient comme entrelacées d'une manière plus ou moins distincte, parce que je n'avais pas tenu ces culots en fusion pendant un assez long temps : alors on aperçoit presque toujours le sulfure cristallisé en trémies pyramidales et très-aiguës au milieu de la masse de fonte ; d'autres fois, au contraire, on trouve au milieu des culots de sulfure qui résultent de la décomposition du sulfate de fer par le charbon, des grains de fonte qui s'en détachent aisément, quoiqu'ils ne soient pas plus gros que la tête d'une épingle.

Il me paraît très-vraisemblable qu'il en est du carbure de fer comme du sulfure, et que cette substance peut constituer avec le fer des mélanges dans lesquels elle est retenue par simple adhérence. Les fontes carburées ne sont probablement que des mélanges de cette espèce, et non des combinaisons particulières de fonte et de carbone.

Toutes les fois que l'on chauffe du protosulfure dans

un creuset brasqué, il diminue notablement de poids. Ce fait semble prouver qu'il est décomposé par le charbon; mais cette décompostion est lente et elle exige une haute température.

Sulfures composés. Les sulfures alcalins et les sulfures alcalins terreux s'unissent très-aisément entr'eux, et avec la plupart des sulfures métalliques, par la voie sèche. Quoique cette union puisse avoir lieu à-peu-près en toutes proportions, les corps qui en résultent sont de véritables combinaisons et non pas de simples mélanges. En effet, ces corps sont parfaitement homogènes, et ne conservent souvent aucune trace des propriétés physiques de leurs composans ou du moins d'un de leurs composans. Il y en a un grand nombre qui sont facilement fusibles quoiqu'ils renferment, même en assez forte proportion, un sulfure infusible par lui-même; enfin, on observe que lorsque l'on chauffe, à quelque température que ce soit, des sulfures de densités très-différentes, jamais on ne les obtient en culots superposés, ainsi que cela arrive quand on traite de cette manière deux substances qui ne sont douées d'aucune affinité l'une pour l'autre, et qui n'ont pas la même pesanteur spécifique, par exemple, un métal et un silicate fusible. Ces combinaisons de sulfures sont analognes aux alliages et aux matières vitreuses.

On obtient les combinaisons de sulfures en chauffant, à une température suffisante pour fondre ces combinaisons, soit des sulfures dans des creusets brasqués ou non, soit des sulfates dans des creusets brasqués. Le dernier procédé est le plus simple, et c'est celui que j'ai suivi pour préparer les composés que je vais faire con-

naître. J'ai opéré dans une forge d'essai, c'est-à-dire, à la température de 150° au moins, toutes les fois que j'ai eu à traiter des sulfures fixes; mais lorsque l'un de ces sulfures était volatil, j'ai employé un fourneau à vent ordinaire qui donnait environ 70° de chaleur.

Sulfate de potassium et de barium. 5 gr. de sulfate de potasse et 5 gr. de sulfate de baryte ont donné un culot de sulfure pesant 5g.,6, et qui par conséquent devait contenir :

Sulfure de potassium,	0,357;
Sulfure de barium,	0,643.

Il en résulte que plus de la moité du sulfure de potassium produit par le sulfate de potasse s'est volatilisé pendant l'opération.

Le sulfure double était bien fondu, un peu spongieux, grenu, cristallin, translucide et d'un rouge de chair foncé : il s'est dissous dans l'eau en produisant une chaleur sensible, mais peu considérable, et sans laisser de résidu.

Sulfure de potassium et de cuivre. 5 gr. de sulfate de potasse et 5 gr. de sulfate de cuivre calciné ont donné un culot de sulfure pesant 5g.,6, qui devait être composé de :

Sulfure de potassium,	0,55;
Sulfure de cuivre,	0,45.

La volatilisation a été presque nulle : le culot était arrondi, mais excessivement boursoufflé, d'un noir légèrement métalloïde et ressemblant à une scorie de forge : il avait une saveur caustique et sulfureuse. Les morceaux,

exposés à l'air, se sont effleuris. L'eau le décompose en dissolvant le sulfure de potassium, et laisse le sulfure de cuivre sous la forme d'une poudre noire.

Si la composition du sulfate de potassium ou de la potasse n'était pas connue, il serait facile de la déterminer en analysant avec soin l'un des sulfures doubles dont je viens de parler.

Sulfure de sodium et de calcium. 10 gr. de sulfate de soude fondu et 25 gr. de sulfate de chaux cristallisé ont produit 14g.,15 de sulfure double composé de :

Sulfure de sodium,	0,26 ;
Sulfure de calcium,	0,74.

Il s'est volatilisé une quantité considérable de sulfure de sodium. Le composé formait un culot caverneux et bulleux, d'un rose rougeâtre un peu nacré, à cassure grenue et cristalline. Il se dissolvait complètement dans l'acide muriatique, et la dissolution ne contenait pas la moindre trace d'acide sulfurique.

Le même sulfure, soumis à la température de 150°, s'est converti en une masse compacte, grenue et cristalline, et il a éprouvé une perte de 0,16, due à la volatilisation d'une partie du sulfure de sodium qu'il contenait.

Sulfure de sodium et de plomb. 10 gr. de sulfate de soude fondu et 20 gr. de sulfate de plomb ont donné un culot pesant 19 gr., compacte, fragile, à cassure unie, d'un gris de plomb assez éclatant. Il adhérait, par sa partie inférieure, à un petit bouton de plomb pur, du poids de 3g.,5. L'eau décompose le sulfure double, en dissolvant tout le sulfure de sodium. Le résidu est le sous-

sulfure de plomb PS; car, en le faisant bouillir avec de l'acide nitrique concentré, jusqu'à ce que tout le soufre soit brûlé, il ne se convertit pas en entier en sulfate, et la liqueur contient du nitrate de plomb. S'il n'y eût eu aucune volatilisation de sulfure, le culot aurait pesé 20g.,3 au lieu de 19 gr. Il devait contenir 0,20 à 0,25 de sulfure de sodium.

Sulfure de sodium et d'antimoine. 10 gr. de sulfate de soude fondu et 15 gr. de sulfure d'antimoine natif ont produit un culot pesant 17 gr.; il aurait dû peser 20g.,5 : ainsi, il s'est volatilisé pendant l'opération environ 3g.,5 de sulfure d'antimoine et de sulfure de sodium. Le culot était compacte, à cassure luisante, d'un brun rouge peu foncé et sans aucun éclat métallique. Il contenait un petit bouton de régule d'antimoine à sa partie inférieure; mais le poids de ce bouton s'élevait à peine à 0g.,5. Le sulfure double devait être composé à-peu-près de :

Sulfure d'antimoine,	0,77;
Sulfure de sodium,	0,23.

Il était déliquescent : en le traitant par l'eau bouillante, on a obtenu une liqueur brune, opaque et un résidu de kermès d'une teinte foncée : la liqueur, ayant été neutralisée peu à peu avec de l'acide muriatique, a déposé du kermès jusqu'à la fin, et n'a pas donné de soufre doré; elle s'est complètement décolorée, et il s'en est dégagé du gaz hydrogène sulfuré, mais en petite quantité. On pourrait préparer, par ce procédé, du kermès très-beau et très-pur.

Sulfure de sodium et de manganèse. 5 gr. de sulfate de soude fondu et 10 gr. de sulfate de manganèse cal-

ciné ont donné un culot de sulfure double bien fondu, compacte, à cassure grenue, opaque, d'un rouge analogue à la couleur du tartre brut, sans éclat métallique. Ce culot pesait 7g.,8 : d'après cela, on trouve aisément qu'il devait contenir 0,26 de sulfure de sodium. Ainsi, le sulfure de manganèse, qui est métallique et d'un noir foncé, et que l'on ne peut fondre qu'en employant la chaleur d'une forge d'essai, perd son éclat et sa couleur, et devient fusible à la température de 60° lorsqu'on le mêle avec le tiers de son poids de sulfure de sodium. Il me semble résulter de cette observation la preuve évidente qu'il y a combinaison dans l'union des deux sulfures.

Sulfure de barium et de cuivre. 5 gr. de sulfate de baryte et 10 gr. de sulfate de cuivre calciné ont donné un culot pesant 8g.,10 (1). Ce culot était parfaitement fondu, compacte, fragile, très-lamelleux, d'un gris de bronze à l'extérieur, mais d'un gris de plomb éclatant à l'intérieur; il ressemblait beaucoup à de la galène. On y apercevait çà et là quelques grenailles de cuivre rouge. Il s'est promptement effleuri à l'air. Il devait contenir :

Sulfure de barium,	0,45;
Sulfure de cuivre,	0,55.

Sulfure de barium et de fer. Dans ce composé, le sulfure de barium acquiert l'aspect métallique et un éclat que n'a pas même le sulfure de cuivre pur.

10 gr. de sulfate de baryte et 10 gr. de protosulfate

(1) Cet essai et tous les suivans ont été faits à la température de 150°.

de fer ont donné un culot pesant 11g.,5. Ce culot était parfaitement fondu, homogène, compacte, sans bulles, à cassure unie ou légèrement cristalline et d'un gris métallique foncé, sans aucune teinte du jaune de bronze du protosulfure de fer pur. Il devait être composé de :

Sulfure de barium,	0,626;
Protosulfure de fer,	0,374.

Ici une demi-partie de sulfure de fer suffit pour donner l'aspect métallique au sulfure de barium.

Sulfure de barium et de plomb. 15 gr. de sulfate de baryte et 15 gr. de sulfate de plomb ont donné un culot qui n'a pesé que 17 gr.; ce qui prouve qu'il y avait eu une grande volatilisation de sulfure de plomb. Il était bien fondu, mais un peu bulleux, à cassure lamelleuse, brillante, d'un jaune sale, sans éclat métallique : il était recouvert d'une grande quantité de grenailles de plomb pur. En traitant ce sulfure par l'eau, il s'en est séparé du sulfure de plomb, et l'on a reconnu que la proportion de ce sulfure s'élevait à peine à 0,10.

Sulfure de calcium et de cuivre. 5 gr. de sulfate de chaux cristallisé et 10 gr. de sulfate de cuivre, distillés ont donné un culot parfaitement fondu, pesant 6g.,47 : il était bulleux, à cassure grenue et cristalline, d'un gris métallique bleuâtre, et il ressemblait assez à du sulfure d'antimoine. On y voyait quelques grenailles très-petites de cuivre rouge : l'acide acétique en a séparé le sulfure de calcium avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré, et sans dissoudre la plus petite trace de cuivre. Il devait être composé de :

Sulfure de calcium ,	0,33 ;
Sulfure de cuivre ,	0,67.

Sulfure de calcium et de fer. 20 gr. de sulfate de chaux cristallisé et 20 gr. de protosulfate de fer anhydre ont donné un culot pesant 17g.,23. Ce culot était fondu et arrondi, mais très-boursoufflé et caverneux, et d'un gris blanc métallique peu éclatant. Il devait contenir :

Sulfure de calcium ,	0,49 ;
Protosulfure de fer ,	0,51.

Sulfure de magnésium, de cuivre et de fer. J'ai essayé aussi de combiner le sulfure de magnésium avec le sulfure de cuivre et avec le sulfure de fer ; j'ai effectivement obtenu ces combinaisons, même en culots fondus, en réduisant divers mélanges de sulfate ; mais je n'ai pas pu réussir à les obtenir parfaitement pures, et elles se sont toujours trouvées contenir une assez grande proportion de magnésie. La présence d'un sulfate alcalin n'a pas pu non plus déterminer la réduction complète du sulfate de magnésie en sulfure de magnésium, et empêcher qu'une grande partie de ce sel ne se décomposât en laissant un résidu de magnésie.

(*Ann. des Min.*)

Extrait *d'un Mémoire sur la Propagation du mouvement dans les fluides élastiques.*

Par M. Poisson.

(Lu à l'Académie des Sciences le 24 mars 1823.)

Dans un des articles du Mémoire que j'ai lu à l'Académie, il y a quatre ans, et qui fait partie du tome II de nos Mémoires imprimés, j'ai considéré le mouvement simultané de deux fluides élastiques de différentes densités, qui sont en contact immédiat sans se pénétrer mutuellement (1); et le mouvement étant produit dans l'un de ces fluides, j'ai examiné les modifications qu'il éprouve lorsqu'il atteint leur surface de séparation. Mais je n'ai traité alors que le cas le plus simple de cette question, celui où l'onde qui se propage dans l'un des deux fluides est plane et parallèle à cette surface : j'ai fait voir dans ce cas comment elle se divise, au passage d'un fluide à l'autre, en deux nouvelles ondes qui se propagent en sens opposés dans ces deux milieux; et j'ai déterminé les rapports de grandeur et de direction qui existent entre les vitesses propres des molécules fluides, dans ces ondes partielles et dans l'onde primitive dont elles sont dérivées. Maintenant je vais reprendre la même question dans toute sa généralité : le mouvement partira d'un point quelconque de l'un des deux fluides; il se

---

(1) *Nouveaux Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1817, page 372.

›pagera en ondes sphériques autour de ce centre ; par ıséquent il atteindra la surface de l'autre fluide sous ıtes les directions, et il s'agira de savoir suivant quelles s il se répandra dans ce second fluide et se réfléchira ıs le premier. Ces lois comprendront, par exemple, réflexion et le changement d'intensité et de direction e le son doit éprouver en passant d'un milieu dans un tre ; mais elles trouveront une autre application, e j'ai eue plus particulièrement en vue, dans l'une des ux théories de la lumière, entre lesquelles les physiens se sont partagés ; et, sous ce rapport, les résultats mon analyse serviront à juger si cette théorie s'accrde avec l'observation.

Newton et, depuis lui, le plus grand nombre des phyiens et des géomètres qui ont écrit sur la lumière, ont opté l'opinion qui la fait consister en un fluide d'une trême ténuité, lancé dans l'espace par les corps lumiux, soumis à l'action des milieux qu'il traverse, quelle action augmente sa vitesse propre et en change direction, et jouissant en outre de certaines propriétés riodiques connues sous la dénomination d'*accès*. usieurs phénomènes principaux s'expliquent d'une anière satisfaisante dans la théorie de l'émission ; et uand même on serait forcé de l'abandonner, l'explicaon que Newton a donnée de la loi de la réfraction ferait ujours époque dans l'histoire des sciences, comme frant le premier exemple du calcul des forces qui n'éndent leur action qu'à des distances insensibles, et ont la considération est si importante dans presque utes les parties de la physique. Mais cette théorie prénte aussi de grandes difficultés qu'ont encore accrues

les découvertes récentes dont l'optique s'est enrichie, et qui nous ont fait connaître de nouvelles propriétés de la lumière, ou les lois exactes de phénomènes déjà connus; parmi lesquelles il faut surtout citer les lois de la *diffraction*, que nous devons à M. Fresnel, et qui paraissent inconciliables avec la théorie newtonienne. Ce sont ces difficultés qui ont engagé plusieurs physiciens à reproduire l'autre théorie, dans laquelle on attribue la lumière à des vibrations très-petites et très-rapides, excitées par les corps lumineux dans un fluide permanent, extrêmement rare, répandu dans tout l'espace, et pénétrant même dans l'intérieur des corps diaphanes, où il se trouve condensé par l'action de leurs molécules. Tant que les ondes produites par ces vibrations se propagent dans un même milieu, leur vitesse de propagation est constante; elle change lorsque ces ondes passent d'un milieu dans un autre; et, en même temps, leur forme et les vitesses propres des molécules de l'éther éprouvent des modifications dont il s'agit de déterminer les lois; ce qui est précisément l'objet du problème énoncé plus haut.

Cette dernière opinion, sur la nature de la lumière, est une des idées systématiques de Descartes. Hughens en fit la base d'une théorie qu'il a présentée avec beaucoup d'ordre et de développement dans son *Traité de la Lumière*. Dans le siècle dernier, cette opinion a été soutenue principalement par Euler; et quoique D. Bernouilli n'ait rien écrit sur cette matière, on voit néanmoins, par un passage d'un de ses Mémoires relatif à un autre objet (1), qu'il avait admis la même théorie

(1) *Mémoires de Berlin*, année 1753, page 188.

rayon de l'onde qui lui correspond est de l'ordre de la largeur de l'onde divisée par ce même rayon. Il est donc impossible que les oscillations des molécules, quand bien même elles auraient été primitivement perpendiculaires ou inclinées sur les rayons des ondes, conservent constamment de semblables directions, comme on a cru pouvoir le supposer pour expliquer le singulier phénomène de la non-interférence des rayons de lumière polarisés en sens contraires; ou du moins, si l'on veut que cette inclinaison des ondes puisse subsister en vertu de forces secrètes différentes de l'élasticité, il faudra d'abord définir avec précision cette espèce de forces, et montrer, par un calcul exact, qu'elles doivent produire l'effet qu'on leur attribue. Je démontre aussi que la propagation des ondes se fait avec la même vitesse dans tous les sens autour de l'ébranlement primitif, ou, autrement dit, que les ondes sont toujours sphériques, quoique les vitesses propres des molécules fluides soient différentes sur les différens rayons. Mais il faut néanmoins observer que si l'ébranlement primitif a eu lieu dans un seul sens, s'il a consisté, par exemple, dans les vibrations d'une petite portion du fluide, le mouvement ne se propagera sensiblement que dans le sens de ces vibrations. Les ondes produites seront encore sphériques; mais, sur les rayons inclinés par rapport à la direction principale du mouvement, les vitesses propres des molécules fluides seront insensibles relativement à celles qui auront lieu dans cette direction et sur les rayons qui en sont très-rapprochés; et l'affaiblissement du mouvement, en s'écartant de sa direction principale, sera d'autant plus rapide que la vitesse de propagation sera plus considé-

rable. C'est seulement de cette manière que l'on peut concevoir, dans la théorie des ondulations, la propagation d'un filet isolé de lumière, dont les adversaires de cette théorie ont nié la possibilité, et dont ils ont fait un de leurs principaux argumens.

Ces résultats généraux sur le mouvement des ondes se déduisent facilement de l'intégrale complète de l'équation aux différences partielles, d'où dépendent les petits mouvemens des fluides élastiques. La forme très-simple sous laquelle j'ai donné cette intégrale, dans un précédent Mémoire (1), permet de l'étendre sans difficulté, au cas où les coefficiens des différences partielles relatives aux coordonnées des points du fluide seraient tous les trois inégaux; ce qui aurait lieu pour un fluide, ou pour un milieu quelconque, qui aurait, en différens sens, des degrés différens d'élasticité; hypothèse qui n'est point impossible, et qui revient à supposer que les molécules de ce milieu n'ont pas, dans tous les sens, la même tendance à revenir aux positions dont on les a écartées. Il est évident que les ondes produites dans un tel milieu ne sauraient être sphériques. J'ai cherché à en déterminer la forme, et j'ai trouvé, pour l'équation de leur surface, celle de l'ellipsoïde à trois axes; de sorte que la vitesse de propagation est constante suivant chaque rayon de ce sphéroïde, et proportionnelle à sa longueur. Mais la vitesse propre des molécules fluides n'est pas dirigée suivant ce rayon; elle est normale à la surface des ondes, et leur largeur, comptée sur cette normale,

---

(1) *Nouveaux Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1818.

ne varie pas pendant le mouvement. Ainsi, l'ellipsoïde à trois axes est la forme la plus générale que l'on puisse attribuer aux ondes qui se propagent, en vertu de l'élasticité, dans un milieu homogène de nature quelconque, en entendant par milieu homogène celui dans lequel l'arrangement des molécules, la température et la densité sont partout les mêmes. Ce résultat comprend la forme elliptique de révolution que Hughens a supposée aux ondes qui produisent la réfraction extraordinaire du spath d'Islande; mais il ne s'accorde point avec la figure des ondes lumineuses, dans les cristaux à deux axes, dont la surface, selon M. Fresnel, serait du 4e degré (1). Un même milieu, c'est-à-dire, un même système de particules matérielles, ébranlé en un point, ne peut transmettre qu'une seule espèce d'ondes; mais, dans un espace donné, on peut concevoir deux ou plusieurs systèmes de molécules qui vibrent indépendamment l'un de l'autre, et qui propagent simultanément autant d'espèces d'ondes différentes, toutes de forme ellipsoïde. C'est ainsi que l'atmosphère transmet à la fois le son et la lumière : le son, par le moyen des ondes excitées dans l'air même, et la lumière, suivant la théorie que nous examinons, par l'intermédiaire des ondes produites dans un éther impondérable. C'est encore de cette manière que Hughens concevait les deux réfractions simultanées du spath d'Islande : selon lui, la réfraction ordinaire serait produite par les ondes sphériques excitées dans l'éther qui remplit ce cristal, et la réfraction

(1) *Bulletin de la Société philomatique*, année 1822, page 69.

extraordinaire pourrait être attribuée aux ondes elliptiques transmises par le cristal et l'éther.

La production des ondes dans un milieu quelconque peut être envisagée sous deux points de vue différens; on peut supposer qu'une portion déterminée du fluide a été primitivement ébranlée d'une manière arbitraire, et chercher les lois du mouvement de l'onde unique qui se propagera autour du lieu de cet ébranlement; ou bien on peut faire la supposition qu'une portion du fluide, ou un corps placé dans le fluide, exécute une suite de vibrations données, et se proposer de déterminer la série d'ondes correspondantes qui seront produites. Ce sont deux problèmes distincts, dépendant de la même équation aux différences partielles, mais différens l'un de l'autre par la détermination des fonctions arbitraires. Les géomètres qui se sont occupés de la théorie du son n'ont considéré que le premier problème. Dans mon Mémoire cité au commencement de cet extrait, j'ai traité la question sous le second rapport, mais seulement dans le cas où les ondes se propagent dans un canal cylindrique; et l'on a vu qu'alors les vibrations des molécules fluides sont exactement les mêmes, à toute distance, que celles du corps qui produit le mouvement. Il n'en est plus tout-à-fait de même si le mouvement se propage en tous sens autour du corps vibrant : les premières oscillations exécutées par les molécules fluides éloignées de ce corps ne suivront plus les mêmes lois que ses vibrations; et, si son mouvement ne dure que pendant un temps déterminé, le mouvement de ces molécules durera pendant un temps plus long; ce qui n'a pas lieu dans le cas où le mouvement, renfermé dans un

cylindre, se propage suivant une seule dimension. Toutefois la différence entre les vibrations du corps et celles d'une molécule fluide, située à une distance déterminée, diminue de plus en plus à partir de l'instant où celle ci a commencé de se mouvoir; et cette différence finit par être insensible après un intervalle de temps d'autant plus court, que les dimensions du corps vibrant sont plus petites. Il faut encore ajouter que si les vibrations du corps lumineux sont supposées isochrones et composées de deux parties, l'allée et le retour, parfaitement semblables, comme les oscillations d'un pendule dans le vide, la différence dont nous parlons n'empêchera pas les ondes lumineuses d'être composées de deux parties d'égales largeurs, dans lesquelles les condensations de l'éther et les vitesses propres de ses molécules seront sensiblement égales et de signes contraires. La condensation en chaque point sera proportionnelle à la vitesse; l'une et l'autre seront nulles au point milieu, comme aux extrémités de chaque onde; toutes les ondes auront la même largeur, laquelle sera égale à la durée d'une vibration entière du corps lumineux, multipliée par la vitesse de leur propagation; et quant à la vitesse propre des molécules de l'éther, elle variera, à très-peu près, suivant la raison inverse de la distance au foyer de lumière. C'est effectivement cette composition des ondes lumineuses que l'on a supposée dans la théorie de Hughens, particulièrement dans l'explication que l'on a donnée du beau phénomène des interférences dont la découverte est due à M. Th. Young; et, à cet égard, la possibilité des hypothèses que l'on a faites se trouve justifiée par le calcul.

La série d'ondes qui partent d'un point et se propagent dans un même fluide avec une vitesse donnée étant ainsi définie, je me suis proposé, dans la seconde partie de mon Mémoire, de trouver ce que devient chacune de ces ondes lorsqu'elle atteint la surface d'un autre milieu, dans lequel la vitesse de propagation est aussi donnée et la même dans toutes les directions. J'ai supposé la surface de séparation des deux fluides plane et indéfiniment prolongée; et voici succinctement les résultats de mon analyse. Pour abréger, j'appellerai premier fluide celui dans lequel le mouvement a été produit, et second fluide celui auquel il a été communiqué.

Chaque onde produite dans le premier fluide engendre une onde correspondante dans le second; celle-ci n'est plus sphérique comme celle dont elle dérive; néanmoins les vitesses propres des molécules fluides sont encore perpendiculaires à sa surface. De plus, si l'on prolonge la normale à cette surface jusqu'à ce qu'elle rencontre la surface de séparation des deux fluides, et que l'on joigne le point de rencontre et le centre de l'onde primitive, on aura ainsi deux droites que l'on pourra prendre pour les rayons des ondes réfractée et incidente : or, on trouve que ces deux rayons sont dans un même plan perpendiculaire à la surface réfringente, et font avec la normale à cette surface des angles dont les sinus sont dans un rapport constant, conformément à la loi de Descartes; et ce rapport est tel que le sinus d'incidence est au sinus de réfraction, comme la vitesse de propagation dans le premier fluide est à cette vitesse dans le second; c'est-à-dire, que le milieu le plus réfringent est celui dans lequel la vitesse de la lumière est la plus petite, comme

on le suppose dans la théorie des ondulations. Ainsi, la loi de la réfraction ordinaire est rigoureusement démontrée dans cette théorie, qui ne le cède plus à cet égard à la théorie newtonienne. Quelle que soit la véritable entre ces deux grandes hypothèses, il sera toujours remarquable que la direction d'un mouvement ondulatoire qui se communique d'un milieu à un autre, et le sens de sa propagation, soient changés suivant la même loi que la direction du mouvement d'un point matériel, soumis aux attractions de ces milieux, et traversant leur surface de séparation.

La largeur de l'onde réfractée est constante dans toute son étendue; elle est à celle de l'onde primitive comme le sinus de réfraction est au sinus d'incidence, ou dans le rapport direct des vitesses de propagation; et comme la durée des vibrations dans chaque fluide est égale à cette largeur divisée par la vitesse correspondante, il en résulte qu'elle ne varie pas en passant d'un fluide à l'autre. Or, dans la théorie des ondulations, c'est cette durée qui détermine l'espèce de la couleur; il s'ensuit donc que la coloration des différentes lumières simples ne doit pas changer dans le phénomène de la réfraction; ce qui est conforme à l'expérience. Mais, réciproquement, la coloration ne devrait pas influer sur la quantité de la réfraction, puisque cette quantité ne dépend que du rapport des vitesses de la lumière dans les deux fluides, qui ne dépendent elles-mêmes que de la nature de ces milieux, et sont les mêmes quelles que soient l'amplitude et la durée des vibrations : le phénomène qui accompagne la réfraction, et que l'on connaît sous le nom de *dispersion*, serait donc impossible dans la théorie des ondulations;

et c'est là une des plus fortes objections qui subsistent encore aujourd'hui contre ce système. Pour lever cette difficulté, Euler prétendait que les ondes qui se succèdent et forment une série continue, agissent l'une sur l'autre et augmentent leur vitesse de propagation, de manière que cette vitesse n'est plus la même que dans le cas des ondes isolées; il ajoutait que dans les milieux réfringens cette augmentation de vitesse, résultant de l'action mutuelle des ondes lumineuses, dépend de leur largeur, et varie par conséquent pour les ondes de différentes couleurs, ce qui produit leur inégalité de réfrangibilité. Mais il est à remarquer que son raisonnement l'avait conduit à conclure que les ondes dont la largeur est la plus grande éprouvaient la moindre augmentation de vitesse, et conséquemment la plus forte réfraction (1): or, c'est le contraire qui a lieu, ainsi qu'Euler lui-même l'a ensuite reconnu, lorsqu'il s'est occupé du phénomène des anneaux colorés (2) : les largeurs des ondes, dans la théorie des ondulations, sont proportionnelles aux longueurs des accès dans la théorie newtonienne, lesquelles longueurs vont, comme on sait, en croissant depuis le rayon le plus réfrangible jusqu'à celui qui l'est le moins. Cet exemple montre combien il est facile de s'égarer dans cette matière, quand on s'abandonne à des raisonnemens vagues, qui ne sont pas appuyés sur les résultats d'un calcul rigoureux, comparés à ceux de l'expérience. La vitesse de propagation des ondes isolées est la même que celle des ondes en séries; toutefois, pour ne pas aller au-

---

(1) *Opuscula varii argumenti*, tome 1, page 217.

(2) *Académie de Berlin*, année 1752, page 282.

delà des conséquences déduites jusqu'ici de l'analyse, il faut dire qu'il n'est pas démontré que la largeur des ondes lumineuses ne puisse avoir quelque influence sur cette vitesse, si l'on suppose que le rayon d'activité des forces qui produisent l'élasticité de l'éther ait une étendue comparable à cette très-petite largeur; mais on devra en même temps convenir que le calcul de cette influence serait un problème difficile, et qu'il n'est pas aisé de savoir *à priori*, comme un habile physicien l'a pensé (1), ce qu'il en résulterait relativement à l'inégale réfrangibilité des ondes de largeurs différentes.

Lorsque la vitesse de propagation des ondes est plus grande dans le second milieu que dans le premier, il y a un certain angle d'incidence pour lequel l'angle de réfraction devient droit, et au-delà duquel le sinus de réfraction surpasserait l'unité : la réfraction est donc alors impossible suivant la loi de Descartes; et l'expérience fait voir qu'au-delà de cette limite d'incidence, aucun rayon de lumière ne passe plus du premier fluide dans le second. Il faudra donc admettre, dans la théorie des ondulations, que le second fluide, frappé sous certaines directions par les vibrations excitées dans le premier, ne sera néanmoins aucunement ébranlé. Cette non communication du mouvement est d'abord difficile à comprendre : Newton la regardait comme impossible; et c'était une des raisons qui lui ont fait rejeter le système de Hughens, et préférer celui de l'émission (2).

---

(1) *Supplément à la Chimie de Thomson*, page 86.

(2) *Biographie universelle*, article NEWTON, tome XXXI, page 146. On trouvera, dans cet article écrit par M. Biot,

Or, voici comment l'analyse, perfectionnée depuis ce grand homme par les immenses travaux de ses successeurs, résout cette difficulté qu'il croyait insoluble. Le calcul fait voir que la couche du second fluide, en contact avec le premier, éprouve réellement des condensations et reçoit des vitesses sensibles ; mais les unes et les autres diminuent rapidement à mesure que l'on s'éloigne de la surface de contact ; et elles deviennent tout-à-fait insensibles à une distance très-petite, du même ordre de grandeur que la largeur des ondes. Cet affaiblissement graduel du mouvement dans une couche fluide, d'une épaisseur finie, quoique très-petite, suffit pour faire disparaître la difficulté que nous examinions, et pour rétablir la loi de continuité : seulement il ne sera pas exact de dire qu'au-delà d'une certaine limite d'incidence, la lumière ne pénètre pas dans le second milieu, supposé moins réfringent que le premier : il faudra entendre qu'elle n'y pénètre que jusqu'à une distance extrêmement petite, à laquelle il sera cependant nécessaire d'avoir égard dans plusieurs questions d'optique, par exemple, dans le calcul des anneaux colorés qui se produisent sous des inclinaisons très-petites.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de l'onde réfractée ; mais quand une onde parvient à la surface de séparation de deux fluides différens, elle se partage en deux autres, dont l'une continue de se propager dans le second fluide, en changeant de forme et de figure, comme nous venons de l'expliquer, tandis que l'autre est réfléchie en sens

---

tous les détails que l'on peut desirer sur les idées de Newton, touchant la nature de la lumière.

opposé dans le premier fluide : celle-ci conserve la forme sphérique et la même largeur constante qu'avait l'onde primitive; les oscillations des molécules fluides s'exécutent perpendiculairement à sa surface; son centre et celui de l'onde primitive sont situés sur la même normale à la surface de séparation des deux fluides, et l'un et l'autre à la même distance de cette surface. Il résulte de là que les rayons de l'onde incidente et de l'onde réfléchie, qui se croisent en un même point de la surface réfléchissante, font deux angles égaux avec sa normale; ce qui coïncide avec la loi de la réflexion régulière de la lumière, qui a été connue long-temps avant celle de la réfraction, et suivant laquelle l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Le calcul qui conduit à ce résultat donne en même temps l'expression de la vitesse propre des molécules fluides dans toute l'étendue de l'onde réfléchie, et montre que le rapport de cette vitesse à celle qui répond à l'onde primitive varie avec l'angle d'incidence, et dépend en outre du rapport des vitesses de propagation dans les deux fluides. Or, dans un même fluide, le carré de cette vitesse propre est ce qu'on doit prendre, lorsqu'on adopte la théorie des ondulations, pour la mesure de l'intensité de la lumière; on aura donc, pour toutes les incidences, le rapport de l'intensité de la lumière réfléchie à celle de la lumière directe, en supposant connu le pouvoir réfringent du corps réfléchissant. Mais, sur ce point, le résultat du calcul ne paraît plus pouvoir s'accorder avec l'expérience. En effet, si la vitesse de propagation est plus grande dans le premier fluide que dans le second; s'il s'agit, par exemple, de la réflexion à la première surface du verre, l'intensité

de la lumière réfléchie sera exprimée par une seule formule pour tous les angles d'incidence; s'il s'agit, au contraire, de la réflexion à la seconde surface du verre, ou, en général, si la vitesse de propagation est plus petite dans le premier milieu que dans le second, cette intensité sera représentée par deux formules différentes, dont l'une s'appliquera depuis l'incidence perpendiculaire jusqu'à la limite d'incidence dont il vient d'être parlé tout-à-l'heure, et l'autre au-delà de cette limite: on trouvera ces diverses formules dans mon Mémoire; et, sans qu'il soit besoin pour les vérifier d'en faire l'application à des expériences particulières, on reconnaîtra immédiatement que chacune d'elles devient nulle pour un certain angle dépendant du rapport des vitesses de la lumière dans les deux milieux. Il s'ensuivrait donc que l'onde réfléchie, soit à la première, soit à la seconde surface du verre, contiendrait toujours un ou deux cercles obscurs, c'est-à-dire, qu'il y aurait toujours, tout autour de la normale à ces surfaces, une ou deux directions dans lesquelles on cesserait de voir le corps lumineux par réflexion (1); circonstance qui n'a pas lieu dans le cas de la lumière ordinaire, qui n'est polarisée dans aucun sens. Malgré cette différence essentielle entre les résultats de l'analyse et de l'observation, il ne faut pas encore se hâter d'abandonner entièrement la théorie des ondulations; car cette différence peut tenir à l'état des deux milieux près de leur surface de contact, auquel je n'ai pas eu égard dans les calculs dont j'expose les résul-

---

(1) Cette disparition correspondrait à l'angle pour lequel le rayon réfléchi serait perpendiculaire au rayon réfracté, angle qui est, suivant M. Brewster, celui de la polarisation complète.

tats. En effet, il est naturel de penser que l'éther, inégalement condensé dans ces deux milieux, ne change pas brusquement de densité en passant de l'un à l'autre, et qu'au contraire il y a des deux côtés de leur surface de séparation une couche d'une très-petite épaisseur, dans laquelle sa densité varie graduellement; on peut donc admettre qu'il existe, en quelque sorte, une lame mince interposée entre les deux milieux : or, cette lame, dont je n'ai pas tenu compte, doit influer sur la quantité de lumière réfléchie; peut-être, en y ayant égard, pourra-t-on accorder l'expérience et la théorie; et c'est ce que je me propose d'examiner dans un autre Mémoire. Je ferai encore remarquer que les formules d'intensité, si elles s'écartent de l'observation sur le point que je viens d'indiquer, satisfont d'un autre côté à des faits généraux que l'expérience a fait connaître. Ainsi, d'après ces formules, l'intensité de la lumière réfléchie sous de très-petites inclinaisons, est à très-peu près égale à l'intensité de la lumière incidente; de manière que le corps lumineux doit être vu avec le même éclat par la lumière directe, et par la lumière réfléchie presque parallèlement à la surface réfringente; ce qui est effectivement vrai. En vertu des mêmes formules, si la lumière traverse un milieu à faces parallèles, la proportion de lumière réfléchie sera la même à la première et à la seconde surface, malgré le changement de l'angle d'incidence qui a lieu en passant de l'une à l'autre : c'est aussi ce que M. Arago (1) m'a

(1) Les sinus des angles d'incidence, sous lesquels, dans l'acte de la réflexion, à la première et à la seconde surface d'un verre, il se polarise des *proportions* égales d'un faisceau de lumière naturelle, sont entre eux comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction. Je publierai, dans une autre circonstance, les expériences qui m'ont conduit à ce résultat. (A.)

dit avoir constaté par des expériences directes sur la réflexion à la première et à la seconde surface du verre.

Les résultats que je viens d'exposer, et qui se rapportent à la réflexion et à la réfraction des ondes, supposent nécessairement que le centre dont elles partent n'est pas pris dans la surface de séparation des deux milieux ; mais pour que le problème relatif au mouvement de deux fluides en contact fût complètement résolu, j'ai dû considérer aussi le cas où l'ébranlement qui le produit partirait de leur surface commune ; ce qui aurait lieu, par exemple, dans la production du son à la surface de l'air en contact avec l'eau. On trouvera, dans mon Mémoire, un examen très-détaillé de ce cas singulier, et la détermination complète de toutes les circonstances du mouvement dans les deux fluides.

J'ai rapporté fidèlement, dans cet extrait, toutes les conséquences de l'analyse favorables ou contraires à la théorie des ondulations. On a vu que cette hypothèse, développée par le calcul, ne s'accorde pas toujours avec l'expérience en s'en tenant même aux phénomènes les plus généraux de l'optique : ce sera aux travaux futurs des physiciens et des géomètres à faire disparaître, s'il est possible, les difficultés qui subsistent encore, et à fixer, d'une manière certaine, l'opinion qui doit prévaloir touchant la nature intime de la lumière. L'analyse qui m'a conduit à ces conséquences est directe et aussi rigoureuse qu'on doit l'exiger ; mais elle est aussi très-compliquée ; et, pour qu'il ne puisse rester aucun doute sur les résultats, je me suis attaché à vérifier, *à posteriori*, que les formules définitives qui les renferment satisfont à toutes les données du problème ; savoir, aux

équations, aux différences partielles du mouvement dans les deux fluides, à leur état initial, et aux conditions relatives à leur surface de contact qui lient leurs mouvemens l'un à l'autre, et consistent en ce que la condensation et la vitesse normale à cette surface doivent être constamment égales dans les couches adjacentes de ces deux fluides. Comme le problème relatif à leurs mouvemens simultanés ne comporte évidemment qu'une seule solution, cette vérification suffirait au besoin pour prouver qu'elle est comprise, sans aucun doute, dans les formules qui en remplissent toutes les conditions. La même analyse aurait pu s'étendre à des questions plus compliquées que celles que j'ai traitées : au lieu de deux fluides superposés, il eût été possible d'en considérer trois, comme il faudrait le faire pour soumettre au calcul, dans toute sa généralité, le phénomène des anneaux colorés. J'aurais pu aussi supposer que l'un des deux milieux fût un cristal dans lequel la lumière ne se propagerait pas avec la même vitesse en tout sens, et chercher quelle serait alors la loi de la réfraction ; ou bien encore, au lieu d'une surface réfringente indéfiniment prolongée, on aurait pu limiter l'étendue de l'un des milieux, et essayer, dans ce cas, de déterminer directement les lois de la *diffraction* qui s'observerait sur ses bords, afin de les comparer à celles que M. Fresnel a trouvées. Mais j'ai préféré me borner, quant à présent, à des questions plus simples, me proposant de continuer ces recherches par la suite, si leurs résultats peuvent mériter l'intérêt des physiciens et l'assentiment des géomètres.

Extrait d'une Lettre de M. Poisson *à M.* Fresnel (1).

Vous fondez vos démonstrations, en général, sur un principe dont voici l'énoncé, que je copie dans votre Mémoire sur la diffraction (2) : « Les vibrations d'une » onde lumineuse, dans chacun de ses points, peuvent » être regardées comme la résultante des mouvemens » élémentaires qu'y enverraient au même instant, en » agissant isolément, toutes les parties de cette onde » considérée dans l'une quelconque de ses positions » antérieures. » Vous entendez sans doute par là que si l'on décompose à un instant quelconque la portion de fluide en mouvement, en une infinité de parties infiniment petites ; que l'on prenne une de ces parties avec sa vitesse et sa condensation actuelles, et que l'on cherche le mouvement qu'elle produirait dans le fluide, si elle était seule ébranlée ; que l'on fasse de même pour toutes les autres parties semblables, et qu'après un temps quel-

---

(1) M. Fresnel m'ayant demandé de mettre par écrit les observations que je lui ai faites dans des conversations particulières, sur ses hypothèses relatives aux ondes lumineuses, et ayant aussi desiré qu'elles fussent rendues publiques, je vais donner ici un extrait de la lettre que je lui ai écrite à ce sujet. J'omettrai celles de ces remarques qui se trouvent déjà dans l'extrait précédent de mon Mémoire sur la propagation du mouvement dans les fluides élastiques, et je me bornerai à transcrire celles qui se rapportent à l'usage que M. Fresnel a cru pouvoir faire du principe de la coexistence des petits mouvemens.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XI, p. 260.

conque on compose, pour chaque point du fluide, les vitesses et les condensations que ce point aurait reçues de tous ces mouvemens élémentaires, supposés indépendans entr'eux, on aura effectivement la vitesse et la condensation qui existeront à cet instant et en ce point. Je ne nie pas la vérité de ce principe; mais je conteste son avantage, et surtout les applications que vous avez cru en pouvoir faire. En substituant au mouvement de l'onde entière celui de ses particules isolées, vous augmentez la difficulté de chaque question; car il vous faudra connaître le mouvement qu'une partie quelconque répandrait dans le fluide, en vertu de sa vitesse propre et de sa condensation; ce qui est bien plus difficile que de déterminer le mouvement de la totalité de l'onde. Considérez, par exemple, une onde sphérique qui se propage dans un fluide, et supposez qu'on veuille la prendre, à un instant déterminé, pour l'ébranlement donné du fluide, d'après lequel on veut déterminer son mouvement ultérieur; en ayant égard à la fois aux vitesses propres et aux condensations de ses particules, on fera voir, par un calcul très-simple, que cette onde en produira une autre qui se propagera *en avant*, c'est-à-dire, dans le sens où elle se propageait elle même, et qu'elle ne donnera naissance à aucune onde *en arrière*, ou en sens opposé; mais si vous décomposez l'onde donnée, comme il vient d'être dit, il vous sera très-difficile de connaître les ondes partielles qui partiront de tous ses points, et de montrer que leur recomposition doit produire une onde en avant et aucun mouvement en arrière. La question très-simple que l'on avait à résoudre, étant envisagée sous ce dernier point de vue, deviendra, au contraire,

une question très-compliquée, dont il ne serait pas facile de trouver la solution. A la vérité, vous prétendez n'avoir pas besoin de connaître la nature des ondes élémentaires, qui partent de tous les points de la surface d'une onde donnée, et pouvoir déterminer, sans faire aucune hypothèse sur ces ondes partielles, la vitesse résultante qu'elles communiqueront à un point quelconque, pris hors de cette surface. C'est ce que nous allons bien voir, en admettant, pour un moment, la composition que vous avez faite de ces ondes dans votre Mémoire sur la diffraction, et examinant les conséquences immédiates qui s'en déduisent.

Je conserverai les notations dont vous avez fait usage, et qui se rapportent à la figure 1, planche 1, tome XI de ces *Annales*. La formule que vous donnez à la page 287 de ce volume, n'exprime la vitesse du point P, situé hors de la surface AMF de l'onde, que quand on prend pour unité la vitesse envoyée à ce point par le point M qui se trouve sur le rayon CMP, ou sur la ligne qui joint le point P et le centre C des ondes. Nous multiplierons donc cette formule par un facteur inconnu p, qui représentera la vitesse provenant du point M et rapportée à l'unité de surface; en sorte que, si l'on désignait par k un élément infiniment petit de la surface de l'onde, correspondant au point M, le produit pk serait la vitesse envoyée par cet élément au point P. Il faudra aussi rétablir, pour avoir l'expression complète de la vitesse de ce point, les deux intégrations, dont vous n'avez indiqué qu'une seule dans la formule en question. Alors, u étant la vitesse du point P, on aura, d'après vos principes :

$$u = p\left\{\left(\int\!\!\int dx\,dz \cos.\frac{\pi(a+b)(x^2+z^2)}{ab\lambda}\right)^2 + \left(\int\!\!\int dx\,dz \sin.\frac{\pi(a+b)(x^2+z^2)}{ab\lambda}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}};$$

a et b étant les distances CM et MP, $a+b$ la distance totale CMP, π le rapport de la circonférence au diamètre, et λ la largeur des ondes, laquelle est proportionnelle au temps des vibrations des particules. Cela posé, enlevons l'écran AG, et supposons que l'onde AMF soit entière : ces intégrales devront être prises, l'une et l'autre, depuis $-\infty$ jusqu'à $+\infty$; leurs valeurs exactes pourront s'obtenir, dans ce cas, par les formules connues ; et en les substituant dans la valeur de u, on trouvera simplement :

$$u = \frac{pab\lambda}{a+b}.$$

Mais, dans le cas de la propagation d'une onde complète, les vitesses propres des molécules fluides suivent à très-peu près, comme on le sait d'ailleurs, la raison inverse des distances au centre du mouvement ; appelant donc v la vitesse au point M, et la comparant à la vitesse u au point P, on devra avoir aussi :

$$u = \frac{va}{a+b};$$

et si l'on égale entre elles ces deux valeurs de u, on en conclut :

$$p = \frac{v}{b\lambda}.$$

Voilà donc le facteur p déterminé par une conséquence immédiate de votre formule, dans laquelle vous l'aviez laissé sous-entendu et indéterminé. Il en résulte que la vitesse pk, envoyée par un élément quelconque de la surface de l'onde dans la direction normale à cette surface et à la distance b, sera exprimée par le produit

$$\frac{vk}{b\lambda},$$

c'est-à-dire qu'elle sera proportionnelle à l'étendue de cet élément, à la vitesse v qui lui correspond, et en raison inverse de la distance b, ce qui ne présente rien d'inadmissible; mais aussi en raison inverse de la largeur λ des ondes, et je vous avoue qu'en y réfléchissant bien, je ne trouve aucune raison satisfaisante de cette dernière hypothèse. Cependant c'est là la supposition que vous faites implicitement sur la nature des ondes élémentaires, du moins dans la direction du mouvement des différens points dont elles émanent; et quoique vous ne fassiez aucun usage du facteur p dans la question que vous avez traitée, vous êtes néanmoins obligé d'en justifier la composition et d'expliquer comment vous concevez qu'un point vibrant isolément dans un fluide y répandrait des vitesses qui seraient en raison inverse du temps de ses vibrations.

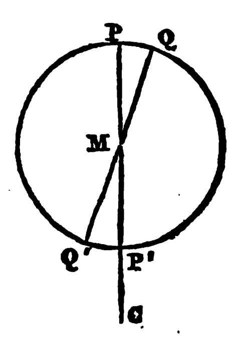
Je vous ferai aussi remarquer que, dans le raisonnement qui vous a conduit à la formule de la page 287 de votre Mémoire sur la *Diffraction* (*Ann.*), rien n'exprime que le point P soit situé au-delà de l'onde AMF; et que s'il était situé en-deçà de cette onde, le même raisonnement, appliqué mot à mot, vous conduirait à une formule semblable pour exprimer la vi-

tesse qu'il reçoit, avec cette seule différence qu'au lieu de $a+b$, cette formule contiendrait $a-b$, qui serait alors la distance CP. Il suivrait donc de vos principes que l'onde AMF, même quand elle est complète, devrait produire du mouvement en-deçà et au-delà de sa position; conclusion qui suffirait pour montrer qu'il y a un vice quelconque dans votre manière d'envisager la question. Et, en effet, la production d'une nouvelle onde en avant de celle que vous considérez, et la non communication du mouvement en arrière, n'ont lieu qu'à raison d'un rapport déterminé qui subsiste, dans l'onde donnée, entre les condensations et les vitesses propres des molécules fluides, et nullement à raison de l'interférence des ondes élémentaires parties de tous ses points à des instans différens. Or, vous n'avez point égard à ce rapport qui n'entre pour rien dans votre raisonnement; et, au contraire, vous faites dépendre la formation de l'onde future, d'élémens dont elle est entièrement indépendante. Lorsque l'onde AMF, au lieu d'être complète, est interrompue par un écran, il se produit sans doute des franges en arrière comme en avant de cette onde. Il paraîtrait résulter de votre raisonnement que les unes et les autres devraient suivre les mêmes lois dans leurs alternatives; mais, si votre raisonnement conduit à trouver du mouvement ou de la lumière en-deçà de cette onde, quand il n'y a pas d'écran, peut-on croire qu'il fasse connaître les lois exactes des franges lumineuses dans la même région, lorsqu'il existe un écran ? et, s'il reste du doute sur les lois que vous attribueriez à ces sortes de franges, je demande alors quelle force conserve votre démonstration,

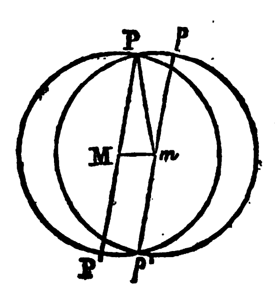
relativement aux franges antérieures. Observez bien que je n'attaque ici que votre démonstration, et nullement les lois de la diffraction que vous avez trouvées, et dont vous avez établi l'exactitude par des expériences plus précises qu'aucune de celles que l'on eût faites jusque-là en optique. Les physiciens sont souvent guidés dans leurs recherches par des inductions que nous ne pourrions pas admettre comme des démonstrations suffisantes, mais qui n'en sont pas moins très-précieuses, puisqu'elles y suppléent tant que les théories ne sont pas encore complètement formées, et que d'ailleurs les sciences leur sont redevables d'un grand nombre de belles découvertes.

J'examinerai encore de plus près la manière dont vous avez formé la vitesse du point P, résultante de toutes les ondes élémentaires qui proviennent des points de la surface AMF (fig. de votre Mém.). Selon vous, les ondes qui partent de points tels que I, F, sensiblement éloignés du point M, se détruisent par l'interférence, et le point P n'est atteint que par les ondes élémentaires émanées des points m', m, n, n', voisins de M, ou dont les distances à ce point M peuvent être regardées comme très-petites par rapport à la distance MP. De plus, dans la composition de ces dernières ondes, parvenues au point P, vous les considérez comme parallèles et d'égale intensité. J'admettrai volontiers leur parallélisme; en sorte qu'il ne sera pas nécessaire de décomposer les vitesses qu'elles apportent au point P, et qu'il suffira de les ajouter en ayant égard à leur signe; mais il est aisé de voir que ces ondes ne seront pas d'égale intensité. En effet, si le point M (fig. ci-jointe) vibre isolément

dans la direction de la ligne *CMP*, il est bien vrai que le



mouvement qu'il produira dans le fluide environnant s'y répandra en ondes sphériques autour de ce point; mais il sera très-faible latéralement; il pourra même n'être sensible que sur le prolongement des vibrations de *M*; de sorte que les points *P* et *P'*, situés sur ce prolongement, recevront un certain mouvement qui s'affaiblira très-rapidement en s'écartant de ces points sur l'onde sphérique, et sera sensiblement nul aux points *Q* et *Q'*, situés sur des rayons *MQ* et *MQ'*, qui font avec *MP* et *MP'* des angles très-petits, mais finis.



Cela posé, si deux points *M* et *m*, séparés par une très-petite

distance, font des vibrations que l'on regarde comme égales et parallèles, et qui sont dirigées suivant les droites PMP' et pmp', le point P sera atteint par les ondes qui émanent de M et de m; mais comme il s'écarte de la direction du mouvement de m, ou, autrement dit, comme le rayon Pm fait un angle fini Pmp avec cette direction, lors même que la distance MP serait très-grande par rapport à Mm, il s'ensuit que la vitesse qui proviendra du point m pourra être tout-à-fait insensible, et qu'en général elle différera sensiblement de celle que le point P recevra du point M. En appliquant cette remarque aux ondes qui partent des points m', m, n, n', voisins du point M (tome XI, planche I, fig. I), vous voyez qu'on ne peut pas les supposer d'égale intensité au point P, parce qu'elles atteignent ce point sous des directions qui font avec les vibrations de m', m, n, n', des angles finis quoique très-petits; et vous voyez aussi qu'il serait nécessaire, pour opérer la composition de ces ondes élémentaires, de connaître la loi suivant laquelle leur intensité varie de part et d'autre de son *maximum*, au moins dans l'étendue correspondante à ces très-petits angles. Quant aux ondes qui émanent des points I, F, éloignés de M, je pense, comme vous, qu'elles n'ont pas d'influence sensible sur la vitesse de P; mais je ne crois pas qu'il soit nécessaire, pour cela, qu'elles se détruisent par des interférences: il suffit d'observer qu'elles atteignent le point P sous des directions où leur intensité, d'après ce que je viens de dire, est très-affaiblie, à cause de l'angle qu'elles font avec les vibrations de leurs centres I, F.

Les observations que je viens de vous faire s'appliquent également à la démonstration que vous avez donnée

des lois de la réflexion et de la réfraction ordinaires (1). D'après votre raisonnement, il semblerait que ces lois dépendent de la succession des ondes, et de ce que chaque onde serait composée de deux parties d'égale largeur, qui ne différeraient entre elles que par les signes des vitesses propres des molécules fluides. Or, il n'en est point ainsi, comme on le verra dans mon Mémoire, dont l'extrait précède cet article : ces lois ont lieu pour chaque onde d'une série considérée isolément ; elles subsisteraient encore, lors même qu'il n'existerait qu'une seule onde incidente, et que la vitesse propre des molécules fluides aurait le même signe dans toute sa largeur. Ce qu'elles supposent essentiellement, c'est un rapport déterminé entre les vitesses propres et les condensations du fluide; rapport dont vous ne parlez pas dans votre démonstration, et sans lequel néanmoins les lois que vous voulez démontrer n'auraient pas lieu. Vous dites que tous les points de la surface de contact des deux fluides deviennent des centres d'ondes sphériques ; ce qui est évidemment imposssible à cause de la différence des deux vitesses de propagation ; et il est même aisé de voir *à priori* qu'à raison de cette différence, ces ondes ne peuvent pas être hémisphériques dans ces deux fluides. Vous croyez aussi n'avoir pas besoin de connaître les directions des vibrations de ces points, ni la nature des ondes qui en émanent. Selon vous, il suffit que les ondes parties de deux points très-voisins, tels que l et l' (page 229 de votre article), qui viennent concourir en un point G, aient la différence de marche requise pour

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXI, p. 221.

interférer, et que l'on devra, d'après la loi de continuité, considérer les intensités de ces ondes comme égales à leur point de concours. Cependant, si la ligne lG est la direction du mouvement du point l, les ondes parties de l et l' auront au point G des intensités très-différentes, l'une d'elles étant à son *maximum*, et l'autre, comme je l'ai dit plus haut, pouvant en différer sensiblement, ou même être tout-à-fait nulle; car la loi de continuité que vous invoquez n'empêche pas que l'intensité d'une onde ne puisse passer, dans une très-petite étendue, de son *maximum* à une valeur qui n'en soit plus que la moitié, ou le quart, ou toute autre fraction, ou que l'on puisse même regarder comme insensible. Ainsi, les ondes émanées des points l, l' ne se détruiront pas nécessairement, comme vous le supposez dans votre démonstration.

Je terminerai ici ces remarques en répétant qu'elles ne tendent nullement à élever aucun doute sur les résultats de vos expériences, auxquels personne ne rend plus de justice que moi; elles ne sont pas non plus dirigées contre la théorie même des ondulations, dont l'exactitude ou la fausseté ne peuvent désormais être démontrées, selon moi, que par une analyse rigoureuse, comparée dans toutes ses conséquences à l'observation; mais elles ont pour but de prouver que si cette théorie est la vérité, on peut assurer, dès à présent, que ce n'est certainement pas pour les raisons qu'on a données jusqu'ici pour l'appuyer, et pour expliquer, en l'adoptant, les principaux phénomènes que la lumière présente.

Remarques *sur le Climat des îles Canaries*.

Par M. de Buch.

(Traduit de l'allemand par M. Billy.)

Parmi plusieurs acquisitions importantes que la géographie physique doit au voyage de M. de Humboldt, la détermination précise de la température sous les tropiques est une des plus intéressantes par les conséquences qu'elle donnera. En effet, avant qu'on eût cette connaissance, il n'était pas facile de juger jusqu'à quel point les formules qui doivent exprimer comment la température se distribue à la surface de la terre, étaient conformes aux phénomènes naturels. Dans les climats tempérés et dans le Nord, le résultat de l'observation demeure toujours confondu avec celui de toutes les causes qui troublent la loi générale ; et ce n'est que d'une manière très-incertaine et très-imparfaite qu'on peut atteindre le but qu'on se propose dans cette recherche, celui de découvrir les anomalies et de les présenter isolément. Mais aujourd'hui que nous possédons des notions un peu plus avancées sur la température dans le voisinage de l'équateur et au niveau de la mer, nous avons besoin de recueillir des données qui nous mettent en état de la rattacher à celles qui ont lieu au-delà du 50e degré de latitude ; mais, ce qui est assez étonnant, dans une étendue de 40 degrés, nous ne trouvons aucune série d'observations qui soient propres à nous donner la température. Tout se réduit aux observations faites à Madère, en 1750, par le Dr Heberden ;

encore on pourrait desirer de les remplacer par d'autres plus récentes, et, par cette raison, plus exactes.

Par le même motif aussi, les observations que le savant naturaliste Don Francisco Escolar a faites à Sainte-Croix-de-Ténériffe, depuis le mois de mai 1808 jusqu'à celui d'août 1810, doivent mériter un accueil favorable. Quoiqu'elles laissent beaucoup à desirer, cependant, telles qu'elles sont, elles remplissent une lacune considérable dans nos connaissances, relativement à la manière dont la température se distribue sur le globe; et je crois pouvoir dire qu'elles sont indispensables pour servir de base à une météorologie scientifique.

Don F. Escolar ayant bien voulu me communiquer ses observations, je les ai calculées de dix en dix; j'en ai pris les moyennes : une table jointe à ce Mémoire va les mettre sous les yeux du lecteur.

M. Escolar s'était pourvu de bons instrumens anglais; ils étaient placés dans une galerie ouverte, à l'ombre et à l'abri de la réflexion des rayons solaires. Sous ce point de vue, ces observations méritent toute confiance. Il observait au lever du soleil et à midi ou un peu plus tard. On pourrait croire que de cette manière il n'était pas possible de noter le *maximum* de chaleur, et que la moyenne ainsi obtenue doit être un peu trop basse. Ce qui porterait encore à le penser, c'est le fait remarquable, que, si on prend la moyenne des différences, on trouve que la température de midi ne surpasse que de 1°,16 (Réaumur) celle du lever du soleil. Mais M. Thibaut de Chanvallon (*Voyage à la Martinique*, 1765) a déjà montré, depuis long-temps, qu'aux îles des climats chauds, l'extrême de la chaleur

n'a pas moyennement lieu à une heure; que ce n'est que très-rarement qu'on l'observe à une heure et demie, qu'il arrive souvent dès onze heures, et le plus communément à midi. Il est vraisemblable que ce qui empêche l'élévation de la température après la culmination du soleil, c'est le vent de mer qui souffle alors avec le plus de force. Quoi qu'il en soit, si, à raison de cette légère différence entre les températures de midi et du lever, on soupçonnait des erreurs, ou si l'on croyait que les instrumens étaient mal placés, nous ajouterions que ce phénomène digne de remarque est confirmé parfaitement par les observations du Dr Heberden, faites, soixante ans auparavant, à Funchal, dans l'île de Madère. En effet, outre la moyenne des températures mensuelles, le Dr Heberden donne aussi les extrêmes pour chaque mois : or, la moyenne différence de ces extrêmes, dans le cours de quatre ans, ne s'élève pas au-delà de 2°,91 (Réaumur); il est donc permis de croire que la différence des moyennes de midi et du lever du soleil ne monterait qu'à la moitié. Il y a autour de Sainte-Croix une plaine aussi peu étendue qu'à Funchal. Les montagnes s'élèvent à peu de distance, et leur pente est en partie très-escarpée. Il suit de là que, durant la nuit, le calorique rayonnant ne se disperse pas en entier dans le ciel, et que la perte qui en résulte pendant cet intervalle de temps est peu considérable. Au contraire, autour de Laguna, à 1588 pieds (516^{m}.) au-dessus de la mer, il y a une plaine qui peut avoir un demi-mille carré d'Allemagne (27 $\frac{1}{2}$ kilom. carrés). Les nuits y sont froides, et à tel point qu'il n'est pas très-rare d'y voir de la glace, en hiver, épaisse comme une lame de couteau. Cependant il ne tombe

jamais de neige à Laguna. La basse température n'appartient pas à l'atmosphère, mais au sol; elle est causée par la perte du calorique rayonnant, que ne renvoie point un ciel clair : aussi est-il vraisemblable qu'à peu de distance de Laguna et à la même hauteur, ce refroidissement ne s'observerait point. En conséquence je ne crois pas qu'on doive ni ajouter quelque chose aux observations de Don F. Escolar ni en rien ôter, et je pense qu'on peut très-bien les regarder comme propres à faire connaître le climat de Sainte-Croix. Les températures moyennes de chaque mois sont les suivantes :

Janvier,	14°,15 Réaumur. =	17°,69 centigr.
Février,	14,35	17,94
Mars,	15,63	19,54
Avril,	15,70	19,62
Mai,	17,83	22,29
Juin,	18,62	23,27
Juillet,	20,12	25,15
Août,	20,84	26,05
Septembre,	20,19	25,24
Octobre,	18,96	23,70
Novembre,	17,08	21,35
Décembre,	15,25	19,06.
	17,39	21,74.

Voilà sans doute de très-hautes températures. La chaleur moyenne du mois le plus froid, celle de janvier, se trouve déjà égale à la température des parties méridionales de l'Italie. Au reste, à la manière dont croissent et décroissent ces nombres, pour les différens mois, on reconnaîtrait aisément un lieu au zénith duquel le soleil ne passe plus.

On ne voit pas la température croître et décroître deux fois, ainsi que dans tous les lieux situés entre les tropiques; mais, comme cela arrive presque partout dans les zones tempérées, le plus grand froid s'observe en janvier, et le plus grand chaud arrive un mois après le solstice: aussi, aux îles Canaries, on n'éprouve rien qui puisse rappeler les pluies du tropique, ces pluies qui, selon le langage des marins, suivent le soleil et commencent dès le moment qu'il est parvenu à sa plus grande hauteur. Les pluies de ces climats (les Canaries) arrivent aussitôt que la température s'abaisse en hiver d'une manière très-sensible, et que la différence de chaleur avec les contrées équatoriales est devenue un peu considérable. La cause de ces pluies ne semble point différente de celle qui occasione les pluies jusqu'au pole, c'est-à-dire, le refroidissement de l'air plus chaud du sud-ouest, venu des lieux situés entre les tropiques ou par de basses latitudes. Mais comme cet air, par l'effet de la température élevée de l'automne aux îles Canaries, ne se refroidit pas jusqu'au point de la condensation de la vapeur, on comprend pourquoi les pluies y ont lieu beaucoup plus tard qu'en Espagne ou en Italie, ou, encore mieux, qu'en France et en Allemagne. Il n'est guère possible qu'au bord de la mer, ces pluies tombent plus tôt qu'au commencement de novembre, et plus tard qu'à la fin de mars. En Italie, cette saison pluvieuse dure depuis la première moitié d'octobre jusqu'au milieu d'avril.

Au contraire, l'été des îles Canaries rattache parfaitement ce climat à celui des tropiques, au point que, dans le fait, à cette latitude, les deux zones se confon-

dent ensemble. Effectivement, depuis avril jusqu'en octobre, le vent tropical du nord-est souffle sans interruption et toujours de la même manière, comme au golfe du Mexique. Le vent alisé de l'est s'élève peu à peu plus au nord, et même à la fin il atteint les côtes du Portugal. Il se retire ensuite de la même manière vers l'équateur, à mesure que la déclinaison australe du soleil s'accroît et que la température s'abaisse. Mais à quelle déclinaison australe le phénomène a-t-il lieu ? Les vents du sud-ouest, ne fût-ce que pour quelques semaines, en décembre et en janvier, peuvent-ils rétrograder jusqu'aux îles du cap Vert ? Pourquoi dans cette situation, presqu'aux limites des pluies du tropique et de celles d'hiver, de ces pluies si nécessaires, si bienfaisantes et si fécondes pour d'autres lieux; pourquoi, dis-je, ces malheureuses îles, au milieu de l'Océan, sont-elles quelquefois plusieurs années sans voir tomber une goutte d'eau ?

La permanence de ce vent de nord-est durant l'été, dans les parages des Canaries, est telle qu'il s'oppose, comme une barrière insurmontable, à toute navigation qui pourrait être dirigée du sud-ouest au nord-est. En deux jours, on va commodément de Madère à Ténériffe; mais on ne se détermine pas aisément à faire le trajet de Ténériffe ou de Canarie à Madère. On courrait le danger d'y employer un mois entier. Peu d'hommes sur la terre vivent plus isolés que les habitans de l'île de Fer. On ne met pas un jour à s'y rendre de Ténériffe; mais c'est autre chose pour le retour, qui ne peut s'effectuer qu'à la faveur de forts vents de terre, vents qui d'ailleurs se répandent au loin : ce voyage est si incertain et si dangereux, qu'on s'y voit souvent exposé

à mourir de faim, et qu'on ne le fait que quand on n'a pas ce malheur à redouter. On compte ordinairement y employer huit ou dix jours; mais il faut souvent trois, quatre ou cinq semaines.

Une chose vraiment remarquable, instructive et de la plus grande importance pour toute la météorologie, c'est la manière dont ce vent alisé du nord-est cède la place aux vents du sud-ouest à l'approche de l'hiver. Ce n'est point au sud que ces vents existent d'abord, ni vers le nord qu'ils s'avancent, comme on pourrait bien le croire d'après leur direction; mais, ainsi que nous l'avons déjà remarqué précédemment, ils se montrent sur les côtes de Portugal plutôt qu'à Madère, et plutôt à Madère qu'à Ténériffe et à Canarie, et c'est de la même manière qu'ils descendent peu à peu d'en haut, en marchant du nord au midi. Ces vents existaient déjà dans les hautes régions de l'atmosphère, même durant l'été, même tandis que le vent alisé du nord-est soufflait avec la plus grande force sur la surface de l'Océan.

On a soupçonné depuis long-temps que dans les parties supérieures de l'atmosphère il pouvait y avoir un courant opposé au courant inférieur; c'est, au reste, une conséquence de la théorie des vents alisés, telle qu'on l'admet presque partout aujourd'hui, et qui consiste à supposer que l'air s'élève sous l'équateur où il est plus échauffé, et qu'il est remplacé par de l'air venant du nord et du sud où il est plus refroidi. L'un se change en nord-est, l'autre en sud-est, et finalement, après leur jonction, les deux vents prennent la direction de l'est. Cela vient de ce que ces courans rencontrent dans les basses latitudes une vitesse de

rotation (autour de l'axe de la terre) plus grande que n'est celle avec laquelle arrive chacun d'eux.

Ce contre-courant, au reste, n'avait été qu'une simple hypothèse jusqu'à ces dernières années, lorsqu'en 1812 il y eut une grande éruption au volcan de Saint-Vincent (1). A l'est de cette île est située celle de la Barbade; ces deux îles sont si constamment séparées par le vent alisé, que ce ne serait que par un circuit de plusieurs centaines de milles, quoique la distance soit petite, qu'on irait de la première à la seconde. Ce vent d'est ne porte à la Barbade ni pluies ni nuages. Mais tout à-coup des nuages sombres parurent au-dessus de l'île, et il y tomba beaucoup de cendres venues du volcan de Saint-Vincent; ce qui causa le plus grand étonnement et la plus grande épouvante aux habitans; ils auraient vu avec moins de surprise les montagnes s'agiter que l'arrivée de ces matières volcaniques qui leur venaient de l'ouest, transportées par l'air. Au reste, grâce à ce phénomène bien remarquable, on eut la preuve de l'existence du contre-courant dans les hautes régions de l'atmosphère, et en même temps il fut permis de ne plus regarder comme une pure hypothèse la théorie des vents alisés dont on est redevable à George Hadley. (*Transactions philosophiques*. XVI. 151.) C'est avec non moins de certitude qu'on peut observer journellement ce même contre-courant aux îles Canaries; car le pic de Ténériffe s'élève jusqu'à lui, même au cœur de l'été. A peine trouve-t-on un récit d'un voyage au sommet du pic, où l'on ne fasse mention de l'énergie du vent d'ouest dont il a été parlé

(1) (Voyez *Annales*, tome IX, pag. 216 et suiv.). (R.)

ci-dessus. M. de Humboldt monta au sommet du pic le 21 juin ; quand il fut parvenu au bord du cratère, le vent d'ouest était si furieux qu'il lui permit à peine de se tenir sur ses pieds. (*Relat.* I. 132.) Si, dans cette saison, un vent d'ouest semblable avait soufflé à Sainte-Croix ou à Orotava, on en aurait été presque aussi étonné qu'on l'avait été de la pluie de cendre à la Barbade. Je trouvai le même vent d'ouest au sommet du pic le 19 mai ; seulement il était un peu moins fort. George Glas, observateur attentif et exact, qui, en qualité d'homme de mer, avait examiné avec soin et pendant plusieurs années les vents des îles Canaries, dit, dans son ouvrage, si riche de faits, qu'un fort vent d'ouest souffle continuellement sur les hauteurs de ces îles, tandis que le nord-est règne au-dessous ; ce qui, ajoute-t-il, doit avoir lieu dans toute partie du monde où l'on trouve les vents alisés. Je ne hasarde point d'expliquer ce phénomène, dit-il plus loin ; mais cela est ainsi au sommet du pic de Ténériffe et sur les hauteurs de quelques autres de ces îles. (*Histoire des îles Canaries*, p. 251.) Glas connaissait trop bien les Canaries pour n'en pas parler ici d'après sa propre expérience.

Ces vents arrivent aux montagnes en descendant des hauteurs de l'atmosphère : c'est ce qu'on voit clairement à l'inspection des nuages, qui, depuis octobre, couvrent la pointe du pic du côté du sud. Ils paraissent toujours s'abaisser de plus en plus ; à la fin ils s'établissent sur le crête de la montagne, un peu au-dessus de 6000 pieds de haut, entre Orotava et la côte méridionale, et là ils éclatent en orages épouvantables. Il se passe encore une semaine, peut-être plus, avant qu'ils deviennent

sensibles à la surface de la mer; après quoi ils restent dominans plusieurs mois de suite. Des pluies tombent alors sur les flancs de la montagne, et le pic se couvre de neige.

Maintenant ne doit-on pas croire que le vent d'ouest qu'on va chercher et qu'on trouve ordinairement dans le voisinage et à la hauteur des Açores, pour faire, en été, le trajet de Ténériffe en Angleterre, est, aussi-bien que le vent d'ouest au sommet du pic, le courant supérieur de l'équateur, qui, dès cet endroit, s'est abaissé jusqu'à la surface de la mer ? Ne faut-il pas dire la même chose de ce vent d'ouest et de sud-ouest, qui règne presque continuellement, et qui est cause qu'on nomme *navigation descendante* les voyages de New-York ou de Philadelphie en Angleterre, tandis qu'on nomme *navigation montante* ceux d'Angleterre à New-York ou à Philadelphie ? Il suivrait de là que l'air de l'équateur, dans les hautes régions, ne parviendrait pas au pole, au moins sur l'Océan atlantique, et que l'air du pole serait réglé dans sa marche par la température des lieux les plus voisins des zones tempérées; on aurait ainsi de nouvelles causes capables de modifier les lois de la répartition de la température. Pour parvenir à la connaissance de ces rapports, combien ne serait pas à desirer une série d'observations météorologiques faites dans une des Açores ! Combien, sous ce point de vue, ne serait pas également desirable le récit d'un voyage au sommet du pic des mêmes îles !

Glas rapporte encore quelques autres circonstances qui me paraissent nécessaires à connaître pour saisir la véritable marche des deux courans d'air placés l'un au-dessus

Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Moyennes.	Observation.
22°,09	.....	....	22°,76	21°,70	22°,26 (1)	Toutes ces températures, ainsi que les précédentes, sont en degrés de Réaumur.
23,04	22°,24	21°,12	19,56	17,68	20,56 (2)	
23,92	20,96	17,92	13,76	13,04	17,85 (3)	
20,84	20,19	18,96	17,08	15,30	17,31	
9,10	19,42	18,20	16,48	14,78	16,40 (4)	
11,65	9,20	6,35	5,82	1,58	6,40 (5)	
11,11	9,00	4,67	2,00	— 1,83	4,222 (6)	
1,75	— 0,50	—4,50	— 7,25	— 9,75	—5,40 (7).	

tions ont été faites dans le faubourg de Guaiqueries, 12 pieds au-dessus
es passages du soleil par le zénith sont en mai et à la fin d'octobre (*a*).

Moyenne de trois ans, 1810–1812. Température d'un puits de la pro-
ires d'Arcueil, t. III, p. 602.

hiques, t. LV, p. 126.

à 7 heures, à 1 heure et 10 heures après midi. *Essais météorologiques*,

dont l'exactitude est reconnue, ainsi que Wilse l'a déduite de ses papiers.

ril, de mai, de juin et de juillet, par William Scoresby; *Régions arc-*

27′ boréale, c'est vers le 17 avril et vers le 25 août que la déclinaison du soleil est de

Juillet.....	1—10	19,29	21,20	18,62	19,68	18,17	20,78				
	11—20	19,77	21,60	18,76	20,20	19,66	21,11				
	21—31	20,44	22,20	19,42	19,42	19,97	21,39				
		19,83	21,67	18,95	19,77	19,40	21,09	19,39	20,84	20,12	1,45
Août......	1—10	20,89	22,89	19,35	20,70	20,22	21,62				
	11—20	20,02	21,82	20,00	21,75	20,64	21,98				
	21—31	20,31	22,00	19,42	20,89	19,85	21,05				
		20,41	22,24	19,59	21,11	20,24	21,55	20,05	21,63	20,84	1,58
Septembre.	1—10	20,18	21,22	19,68	20,98						
	11—20	19,44	20,25	19,40	20,75						
	21—30	19,37	20,44	19,44	20,86						
		19,66	20,74	19,51	20,86	.....	.....	19,58	20,80	20,19	1,22
Octobre...	1—10	19,50	20,42	18,78	20,18						
	11—20	18,26	19,22	18,67	19,95						
	21—31	17,43	17,89	18,22	18,97						
		18,40	19,18	18,56	19,70	.....	.....	18,48	19,44	18,96	0,96
Novembre.	1—10	17,11	17,75	18,18	19,15						
	11—20	17,33	17,62	16,40	16,98						
	21—30	16,50	17,53	14,89	15,50						
		16,98	17,63	16,49	17,21	.....	.....	16,73	17,42	17,08	0,69
Décembre.	1—10	16,24	17,22	15,15	15,35						
	11—20	15,73	16,78	14,17	14,81						
	21—31	14,46	15,20	13,37	14,00						
		15,48	16,40	14,23	14,88	.....	.....	14,86	15,64	15,30	0
										17,51	1

	pouces.	lignes.
A 7 heures du matin.....	28	2,882 ;
11 heures du matin.....	28	3,0217 ;
4 heures du soir.......	28	2,524 ;
11 heures du soir.......	28	2,7445.
La moyenne de ces observations est	28	2,7930 ;
ou bien encore, après la réduction, pour 30 pieds au-dessus du niveau de la mer....................	28	3,09.

Voilà un résultat très-considérable. On en déduit un tout-à-fait pareil des observations de Don F. Escolar, à Sainte-Croix. Les moyennes des extrêmes de trois années donnent 28pc. 2l.,441 si on les réduit au point de la congélation et au niveau de la mer ; et si ces extrêmes mensuels ne changent pas, il paraît, dans le fait, que la pression de l'air, en été, quand le vent du nord-est et celui de l'ouest courent l'un au-dessous de l'autre, est plus grande que dans les mois d'hiver lorsque le vent du sud-ouest règne seul. En effet, la moyenne des quatre mois de mai, juin, juillet et août est 28pc. 3l.,173. La moyenne hauteur, depuis septembre jusqu'en avril, est 28pc. 2l.,017 : ainsi, la différence est de 1l.,156.

Combien cette hauteur diffère de 28pc. 1l., état du baromètre dans les régions équatoriales ! Combien ne diffère-t elle pas encore de celle qu'on observe en Angleterre, en Irlande, en Norwège !

Sept jours d'observations en mai, à Puerto Orotava, me donnèrent 28pc. 1l.,77 pour la hauteur du baromètre au niveau de la mer. Sept jours d'observations au même endroit, en septembre et en octobre, donnèrent

28pc. 2l.,38. Enfin, par trois jours, on eut, à Lancerote, 28pc. 3l.,8.

Si on ajoute encore à cela que les naturalistes qui ont monté sur le pic avec des baromètres ont toujours trouvé la colonne fort haute au bord de la mer; que Lamanon donna 28 pouces 3 lignes à Sainte-Croix, Cordier 28pc. 5l.,6 à Puerto Orotava au 17 avril (*Journal de Physique*. LVII. 57); alors l'existence d'une hauteur un peu plus grande de l'atmosphère au dessus de ces îles deviendra vraisemblable.

Puisque le vent d'ouest des hautes régions descend fort bas en automne et qu'il atteint ensuite la surface du globe, d'abord au nord, ensuite au sud, il est clair qu'avant d'être en contact avec les parages du sud, il doit avoir fermé le passage au vent du nord : aussi, durant cet intervalle, les lieux qui sont le plus exposés au vent alisé du nord-est jouissent-ils d'un calme parfait. Si d'autres circonstances empêchent les vents locaux de se développer, alors la chaleur, qui ne se dissipe plus, s'accumulera de jour en jour jusqu'à ce que les vents généraux la transportent de nouveau avec eux. De cette manière je m'expliquerais le phénomène très-singulier, et seul de son espèce jusqu'à présent, savoir, qu'à Las Palmas, dans la grande Canarie, la moyenne des plus grandes chaleurs ne tombe point en juillet ni en août, mais vers le milieu d'octobre. Jusqu'en septembre, la chaleur, en comparaison des autres îles, ne croît que faiblement; mais ensuite elle augmente rapidement, et atteint à un degré comme on n'en voit guère, si ce n'est dans les climats les plus chauds des tropiques. Ce fait est la conséquence immédiate de dix années d'ob-

de l'autre. Tous les marins exercés tiennent pour règle que la terre ferme des climats chauds attire les vents en tout temps et constamment; c'est sans doute parce que l'air chaud et ascendant de la terre ferme doit être remplacé par le vent alisé : aussi les îles Canaries ressentent-elles cette influence du voisinage de l'Afrique. Le vent du nord-est se détourne vers les côtes du continent, et cela d'autant plus que les îles sur lesquelles il souffle sont plus voisines de ces côtes. A la vue de terre même, le vent est presqu'entièrement nord, savoir : N. par E. Il est N. N. E. à Lancerote et à Fortaventure, N. E. à Canarie, N. E. par E. à Ténériffe; à Palma enfin, il est encore un peu plus vers l'Est, et c'est ainsi qu'il reste sur la mer Atlantique. Les îles élevées, telles que Canarie, Ténériffe et Palma, arrêtent ces vents si complètement, que, dans le même temps qu'ils soufflent avec force sur les côtés exposés au nord-est, on éprouve un calme parfait sur les côtés opposés. On trouve sur ce phénomène une expérience remarquable dans le manuscrit du *Voyage* de Borda, dont on m'a donné communication au Dépôt de la Marine, à Paris. Borda, ainsi qu'il le dit lui-même, avait recommandé à M. de Chastenet de faire le tour de l'île de Canarie. Cet officier mit à la voile avec un fort vent de nord-est, dans la direction de la *Sardina* à la *Punta de l'Aldea*; mais au-delà de cette pointe, il se vit tout-à-coup dans un tel calme qu'il mit deux jours pour aller jusqu'à Punta Descojada, quoique la distance fût à peine d'un mille. Il lui fallut ensuite quatre jours pour doubler *Punta d'Arganeguin*, la pointe la plus méridionale de l'île. Le jour suivant, il parvint avec difficulté jusqu'à la pointe de Tanifet. Il venait à peine

de doubler cette pointe lorsque le vent du nord-est souffla contre lui avec une telle violence qu'il fut contraint de plier la plus grande partie de ses voiles. Ajoutons que la ligne tirée de Punta Aldea au cap Tanifet est aussi rigoureusement perpendiculaire à la direction du nord-est que si on avait calculé et mené cette ligne exprès.

Glas recherche jusqu'où cette action retardatrice continue sur mer. Il trouve 20 à 25 milles marins (20 au degré) pour Canarie, 15 pour Ténériffe, 10 pour Gomère et 30 pour Palma. Il assure qu'il a parcouru tous ces parages abrités par les îles et où le vent ne se fait jamais sentir; il dit aussi que ces parages sont très-dangereux pour les vaisseaux lorsque les vagues élevées se brisent contre l'eau tranquille de la région des calmes, comme contre un rivage fixe, et y occasionent des ressacs. Ces distances, de 25 et de 30 milles, sont trop considérables pour qu'il suffise de supposer que le vent suit une direction horizontale ; il faut admettre qu'il monte peu à peu dans les hautes régions : autrement il serait à peine croyable que le vent ne dût pas plutôt se réunir derrière les îles.

Dans le fait, les observations du baromètre paraissent indiquer une accumulation particulière de l'atmosphère au-dessus des îles Canaries; au moins, sous ce point de vue, les phénomènes que le baromètre a présentés sont bien dignes d'attention, et méritent un examen soigneux.

Depuis le 21 juillet jusqu'au 10 août 1815, j'ai observé chaque jour le baromètre à Las Palmas, dans la grande Canarie, et après avoir tout réduit au point de la congélation, j'ai trouvé ce qui suit :

Si, d'après ces températures, on construit une courbe, une remarque saute aux yeux à l'instant : c'est que de la fin d'août à la fin de novembre toute la chaleur ne paraît pas appartenir à cette courbe, et qu'elle semble découler d'une source particulière. L'opinion des habitans est parfaitement d'accord avec les instrumens : ils pensent que la chaleur, au milieu de l'été, n'est nullement comparable à l'intensité de la chaleur au milieu et vers la fin d'octobre. Les productions de la nature confirment ces aperçus. Ce n'est pas à tort que Las Palmas tire son nom des palmiers ; car, encore aujourd'hui, il s'élève dans le vallon une forêt de palmiers dont les fruits mûrissent bien. Il n'en est pas de même de quelques palmiers isolés de Sainte-Croix ou d'Orotava, dans l'île de Ténériffe. L'*euphorbia balsamifera*, plante amie de la chaleur, qui, à Orotava, à Sainte-Croix, s'élève à peine au-dessus du sol, végète jusqu'à 800 pieds dans le voisinage de Las Palmas, et il n'est pas rare d'en voir des buissons de 10 à 12 pieds de haut. Il n'est pas rare non plus que le *placoma pendula* parvienne à la même hauteur : aussi les jardins de Canarie sont-ils décorés d'une foule d'arbres des deux Indes, arbres qu'on ne voit pas à Ténériffe. Le *poincana pulcherrima*, d'une beauté rare et d'une grandeur extraordinaire, le *bixa orellana*, grand comme nos tilleuls, et une magnifique allée de grands arbres de *carica papaya*, ornent la cour intérieure de l'hôpital des lépreux de Saint-Lazare. Ces derniers végétaux réussissent évidemment mieux ici que ceux qui, en petit nombre, croissent disséminés sur la côte septentrionale de Ténériffe. Cette singularité dans la température est donc très-digne de l'attention de tous

ceux qui recherchent la manière dont la chaleur et, avec elle, tous les autres phénomènes météorologiques se répartissent sur la surface du globe.

On ne remarque point d'irrégularité semblable ni de traces de cause locale dans la courbe de Sainte-Croix. D'après cela, je crois sans hésiter qu'elle est très-propre à être employée, pour déterminer le changement de température qui a lieu sous différentes latitudes, mais par la même longitude. C'est pourquoi j'ai cherché à rapprocher l'une de l'autre plusieurs tables qui sont bien faites, à ce qu'il semble, et qui paraissent permettre de tout rapporter à une même loi, ou du moins à une loi qui ne souffre que peu de modifications. J'ai présenté toutes ces observations sur une table unique : ce sont les températures de Cumana, de Sainte Croix, de Funchal, de Kendal dans le nord-ouest de l'Angleterre, de Sœndmœr, non loin de Drontheim sur les côtes de Norwège, enfin les observations continuées pendant douze ans, au 78e degré de latitude, dans les mois d'avril, de mai, de juin et de juillet, observations qu'on doit à l'immortel, au savant et au hardi navigateur du Groenland, William Scoresby, de Whitby dans le comté d'York.

La Havane, au contraire, et le Caire forment deux courbes qui appartiennent à des zones météorologiques tout-à-fait différentes, parallèles de part et d'autre à la zone atlantique ; la première courbe est pour la zone continentale de l'Amérique septentrionale, la deuxième pour la zone continentale de l'Europe. L'influence de l'hiver sur l'une et l'autre est considérable ; à la Havane, sous le tropique même du cancer, le thermomètre, en hiver, au niveau de la mer, tombe presque jusqu'au

servations faites par le Dr Baudini de Gatti, à Las Palmas, avec de bons thermomètres bien exposés. L'auteur m'a communiqué ces observations, et j'en ai calculé, de dix jours en dix jours, les moyennes de trois ans. Par malheur, le Dr Baudini n'observait qu'à midi; ainsi on n'a pas la véritable moyenne de la température. Afin d'approcher un peu plus de la vérité, j'ai appliqué aux températures de midi de Baudini les différences de la température moyenne et de la température de midi, déduites des observations de Don F. Escolar. Cependant ces différences seraient certainement considérables à Las Palmas. Voici la série des nombres qu'on a trouvés :

LAS PALMAS, DANS LA GRANDE CANARIE.

		Midi observé.	Midi calculé.
Janvier....	1 — 10	14°,14	13°,42
	10 — 20	14,12	13,40
	21 — 31	13,89	13,17
		14,05	13,33
Février...	1 — 10	14,45	14,02
	10 — 20	14,44	14,01
	20 — 28	14,68	14,25
		14,52	14,06
Mars.....	1 — 10	14,96	14,42
	11 — 21	15,00	14,46
	21 — 31	15,33	14,79
		15,10	14,56
Avril.....	1 — 10	15,61	15,14
	10 — 20	15,89	15,32
	21 — 30	15,86	15,29
		15,79	15,25

LAS PALMAS, DANS LA GRANDE CANARIE.

		Midi observé.	Midi calculé.
Mai......	1 — 10	16°,38	15°,80
	10 — 20	16,78	16,20
	20 — 31	16,88	16,30
		16,68	16,10
Juin......	1 — 10	17,18	16,53
	10 — 20	17,60	16,95
	20 — 30	17,82	17.17
		17,53	17,22
Juillet....	1 — 10	18,71	17.98
	10 — 20	19,44	18,71
	20 — 31	19,55	18,82
		19,23	18,50
Août	1 — 10	20,22	19,43
	10 — 20	20,44	19,65
	20 — 31	20,66	19,87
		20,44	19,65
Septembre.	1 — 10	21,57	20.95
	10 — 20	22,20	21,58
	20 — 30	23,00	22.38
		22,26	21,64
Octobre...	1 — 10	24,00	23,42
	10 — 20	24,12	23,54
	20 — 31	23,11	22,53
		23,74	23,16
Novembre.	1 — 10	20,56	19,98
	10 — 21	18,90	17,32
	20 — 30	16,56	15,98
		18,67	17,76
Décembre.	1 — 10	15,00	14,42
	10 — 20	14,30	13,72
	20 — 31	14,22	13.64
		14,51	13,93

OBSERVATIONS *du thermomètre, faites à Sainte-Croix, dans l'île de Ténériffe; par Don* Francisco Escolar.

		1808.		1809.		1810.		MOYENNE,		Moyenne des deux.	Différence.
		Lever du soleil.	Midi.	Lever du soleil.	Midi.	Lever du soleil.	Midi.	au lever du soleil.	à midi.		
Janvier....	1—10	.....	.....	14°,66	15°,40	13°,02	13°,87				
	11—20	.....	.....	14,46	15,59	12,89	13,43				
	21—31	.....	.....	14,17	16,45	14,09	13,23				
				14,43	15,81	15,08	13,51	13°,63	13°,67	14°,15	1°,04
Février....	1—10	.....	.....	13,57	14,55	12,48	13,78				
	11—20	.....	.....	14,62	15,70	12,68	13,62				
	21—28	.....	.....	15,00	15,95	14,09	15,0[illegible]				
				14,40	15,40	13,08	14,13	13,92	14,77	14,35	0,85
Mars......	1—10	.....	.....	15,07	16,24	15,35	16,98				
	11—20	.....	.....	14,42	15,44	15,86	16,[illegible]2				
	21—31	.....	.....	14,02	15,31	15,55	16,88				
				14,40	15,66	15,59	16,76	15,05	16,22	15,63	1,17
Avril.....	1—10	.....	.....	14,81	15,81	15,31	16,42				
	11—20	.....	.....	14,90	15,78	15,97	16,88				
	21—30	.....	.....	14,62	16,00	15,57	16,88				
				14,78	15,86	15,62	16,73	15,20	16,34	15,70	1,14
	1—10	16°,15	17°,46	15,28	16,44	16,73	18,07				

LAS PALMAS, DANS LA GRANDE CANARIE.

		Midi observé.	Midi caloulé.
Mai......	1 — 10	16°,38	15°,80
	10 — 20	16,78	16,20
	20 — 31	16,88	16,30
		16,68	16,10
Juin......	1 — 10	17,18	16,53
	10 — 20	17,60	16,95
	20 — 30	17,82	17.17
		17,53	17,22
Juillet....	1 — 10	18,71	17.98
	10 — 20	19,44	18,71
	20 — 31	19,55	18,82
		19,23	18,50
Août	1 — 10	20,22	19,43
	10 — 20	20,44	19,65
	20 — 31	20,66	19,87
		20,44	19,65
Septembre.	1 — 10	21,57	20.95
	10 — 20	22,20	21,58
	20 — 30	23,00	22.38
		22,26	21,64
Octobre...	1 — 10	24,00	23,42
	10 — 20	24,12	23,54
	20 — 31	23,11	22,53
		23,74	23,16
Novembre.	1 — 10	20,56	19,98
	10 — 21	18,90	17,32
	20 — 30	16,56	15,98
		18,67	17,76
Décembre.	1 — 10	15,00	14,42
	10 — 20	14,30	13,72
	20 — 31	14,22	13.64
		14,51	13,93

point de la congélation (Humboldt); au contraire, l'été du Caire surpasse si fort celui des Canaries, quoique ces îles soient situées bien plus au midi, qu'on voit bien à l'instant que ces températures ne dérivent pas d'une même loi de décroissement.

Si on calcule les températures de la zone atlantique par la formule connue de Mayer, suivant laquelle ces températures décroissent comme le carré de la latitude multiplié par un coefficient arbitraire, on s'aperçoit bientôt que cette formule les représente en général avec peu d'exactitude; c'est ce qu'a remarqué M. de Humboldt dans son beau *Mémoire sur les lignes isothermes*, Mémoire qui est une des mines les plus riches pour la connaissance météorologique de la surface de la terre. Au reste, on découvre bientôt par ces calculs, quelles sont les latitudes où les températures varient avec plus de vitesse ou plus de lenteur qu'il ne faudrait, suivant la loi rigoureuse (1) qui sert de base au décroissement des températures; par là nous sommes conduits immédiatement à rechercher et à déterminer les facteurs qu'il faut introduire pour modifier la formule. C'est ainsi qu'en comparant ensemble les observations de Sainte-Croix et celles de Kendal, on trouve —4°,9 R. pour la température moyenne du pole, et 28°,2 R. pour celle de l'équateur. La première n'est pas si éloignée de la vérité

(1) La loi donnée par Mayer ne peut être considérée que comme une formule empirique. Il semblerait, d'après cela, que, dans cette dernière partie du Mémoire, les conséquences (*voyez* le dernier paragraphe) auxquelles arrive M. de Buch n'ont pas toute la certitude desirable. (R.)

que la dernière ; car Scoresby a prouvé que la température moyenne de la mer Glaciale est de plusieurs degrés au-dessous du point de la congélation. Il va même jusqu'à conjecturer que la température moyenne du 78e degré de latitude est de —6,7 R. ; mais probablement c'est trop, et l'erreur vient de ce qu'on suppose, certainement à tort, que la courbe polaire devrait suivre une marche semblable à celle de la courbe de Stockholm. Ce lieu est déjà trop soustrait à l'influence de la mer ; il sera plus juste de supposer la courbe polaire semblable à celle des côtes de Norwège ; et si on la détermine d'après les observations de Sœndmœr, on obtient une moyenne température de —5°,4 R. ; ce qui doit s'éloigner bien peu de celle du pole même.

Par les observations de Kendal et de Sœndmœr, nous obtenons 17°,8 R. pour la moyenne température de l'équateur, et +0°,5 R. pour le pole ; résultats qui doivent s'écarter davantage des deux côtés. Il est donc clair que dans le nord de l'Océan atlantique la chaleur diminue beaucoup moins que ne le demande la règle générale ; il faut recourir à une nouvelle cause qui élève la température et modifie les résultats ; et que peut-elle être, si ce n'est ce courant supérieur qui, parti des régions équatoriales, descend jusqu'au niveau de la mer, entre l'Amérique et l'Europe, et ensuite remonte vers le pole en rechauffant les lieux où il passe ?

SUR *les Dents et les Ossemens d'éléphant, de rhinocéros, d'hippopotame, d'ours, de tigre, d'hyène et de seize autres animaux, trouvés, en* 1821, *au fond d'une caverne, à Kirkdale, dans le Yorkshire.*

Par le Rév. WILLIAM BUCKLAND,

Membre de la Société royale de Londres et Vice-Président de la Société géologique.

(Extrait.)

LA caverne de Kirkdale est située à 25 milles au N. N.-E. de la ville d'York, dans le district connu sous le nom de *Cleveland Moorlands*, et sur la face méridionale d'une chaîne de montagnes calcaires qui bornent au nord la vallée de Pickering. Un grand nombre de petites rivières descendent de ces montagnes, et leurs eaux réunies se jettent dans la rivière de Dervent, dont la seule issue, au sud, est une gorge très-étroite comprise entre New-Malton et Kirkham. Si cette gorge était fermée, la vallée de Pickering deviendrait un immense lac. M. Buckland pense qu'à une époque très-ancienne un tel lac a existé : ajoutons maintenant que le sol de la caverne est à plus de 100 pieds de hauteur au-dessus du lit du *Hodge Beck*, la rivière la plus voisine; ce qui exclut toute possibilité d'attribuer le sédiment vaseux dont ce sol est recouvert, à une inondation produite par un débordement ordinaire.

La vallée de Pickering repose sur une masse de craie bleuâtre stratifiée, contenant des couches subordonnées

d'une substance bitumineuse inflammable. La roche que la caverne pénètre peut être rapportée à cette formation connue, au midi de l'Angleterre, sous le nom d'*Oolite d'Oxford*. Les couches les plus compactes de ces roches ressemblent au calcaire alpin le plus moderne de Meillerie et d'Aigle, en Suisse. Comme les calcaires compactes de tous les âges et de toutes les formations, les couches de la vallée de Pickering sont perforées par des ouvertures et des cavernes, dans les directions les plus variées; mais il y a un tel nombre de ces ouvertures dans le voisinage de Kirkdale, que plusieurs des rivières s'engouffrent et se perdent pendant un espace plus ou moins long dans leur course vers la vallée.

A la distance d'environ un *furlong* de l'église de Kirkdale, existe une petite vallée transversale relativement à la direction des *Eastern Moorlands;* les flancs qui la bordent sont inclinés à l'horizon sous un angle de 25°, et les crêtes latérales s'élèvent à 120 pieds. En exploitant une carrière sur le flanc de gauche, près de la crête, à 20 pieds au-dessous du sol supérieur de la coline, on rencontra par hasard, dans l'été de 1821, une ouverture bouchée par des débris entassés pêle-mêle, et recouverts de gazon et de broussailles. Cette ouverture conduisait à la caverne, ou plutôt au long boyau dans lequel les ossemens ont été trouvés.

Quand M. Buckland visita Kirkdale, en décembre 1822, trente pieds environ de la portion extérieure de la caverne avaient déjà été enlevés par les carriers; un homme ne pouvait y entrer qu'appuyé sur ses mains et sur ses genoux; la hauteur et la largeur variaient depuis 2 jusqu'à 7 pieds; la plus grande longueur était de 150 à 200

pieds dans une direction générale E. S.-E., mais déviant de la ligne droite par plusieurs zig-zags.

Divers rameaux qui aboutissent à la caverne principale n'ont pas été jusqu'ici explorés. Vers le fond, des fissures verticales s'aperçoivent çà et là dans la roche; mais à partir de l'entrée, sur une étendue de plusieurs yards, le sol et le haut sont composés de couches horizontales de pierre calcaire, qui ne présentent ni la moindre apparence de fissure ni aucun débris détaché. Le vrai sol calcaire, du reste, n'était visible que près de l'entrée; plus loin il régnait une couche à-peu-près horizontale d'un sédiment vaseux, d'un pied environ d'épaisseur. Aucune partie de ce sédiment n'est attachée aux parois latérales; on n'en aperçoit pas non plus la moindre trace dans les fissures; en sorte qu'on ne pourrait pas admettre que c'est par là qu'il s'est introduit.

Des stalactites sont suspendues au ciel de la caverne dans plusieurs points : la matière qui les a produites a coulé le long de ses parois, et les a recouvertes d'une couche très-distincte; mais, parvenue au dépôt vaseux, cette matière, n'ayant pas pu descendre davantage, s'est répandue sur sa surface, et y a déposé une croûte semblable à la glace qui se forme à la surface de l'eau. On ne peut guère douter de la vérité de cette explication quand on remarque que la croûte de stalactite est seulement superficielle, et qu'elle n'alterne nulle part avec le dépôt vaseux.

Ce dépôt argileux est composé de parties si petites, qu'elles ont pu aisément être tenues en suspension dans

de l'eau trouble ; il est d'ailleurs mêlé de beaucoup de matières calcaires provenant en partie soit des ossemens pulvérisés, soit des molécules qui se seront détachées peu à peu du ciel de la caverne. Le sédiment a préservé à tel point de la décomposition les ossemens qu'il recouvrait, que la proportion de gélatine n'est presque point diminuée. M. Buckland l'a reconnu en plongeant plusieurs os dans un acide, de manière à enlever la totalité du phosphate et du carbonate de chaux.

Il paraît que les dents et les ossemens qui ont été trouvés dans la caverne de Kirkdale appartiennent aux 22 espèces d'animaux dont voici les noms :

Carnivores. Hyène, tigre, ours, loup, renard, belette et un animal inconnu de la grandeur du loup.

Herbivores. Éléphant, rhinocéros, hippopotame et cheval.

Ruminans. Bœuf et trois espèces de cerf.

Rongeurs. Lapin, rat d'eau et souris.

Oiseaux. Corbeau, pigeon, alouette et une petite espèce de canard.

Quand le sédiment vaseux dont nous avons parlé fut enlevé, on trouva sur le sol les ossemens ou plutôt les fragmens d'ossemens *de tous ces animaux*, dispersés pêle-mêle depuis l'entrée de la caverne jusqu'à ses parties les plus reculées. Si l'on excepte les astragales, quelques portions des tarses et des phalanges des doigts, pas un seul de ces os n'était entier : aussi on essaierait vainement de recomposer un squelette complet. On découvrit, sur plusieurs points, des amas formés de dents et de fragmens d'os pour

ainsi dire broyés, mais anguleux, adhérant les uns aux autres à l'aide de la matière des stalactites.

Sur plusieurs os on remarquait des empreintes qui avaient exactement la forme des dents d'hyène. Les os de ces derniers animaux paraissent avoir été mordus et rongés tout aussi-bien que les autres.

Dans tous les fragmens de mâchoires trouvés à la surface de la caverne, les os et les dents étaient dans un état parfait de conservation; ce qui indique que leur fracture avait été produite par une force extérieure, et ne résultait pas d'une décomposition.

Les dents d'hyène et des ruminans étaient les plus abondantes : une seule personne recueillit 300 dents canines de ces premiers animaux. D'après les dimensions des dents, les tigres devaient appartenir à une très grande espèce; les dents d'éléphant, au contraire, au nombre de dix, étaient toutes petites. On ne découvrit que six dents molaires, et quelques fragmens de dents canines et incisives d'hippopotame. Il y en avait un plus grand nombre de rhinocéros, parmi lesquelles plusieurs de fort grandes; mais il n'existait pas un seul amas où l'on ne trouvât en abondance des os et des dents de rat d'eau, circonstance d'où l'auteur tire un nouvel argument en faveur de l'opinion que la vallée de Pickering était anciennement un lac.

« Il doit maintenant paraître probable, dit M. Buckland, » d'après les faits que j'ai rapportés, et particulièrement » en songeant à l'état de morcellement où se trouvent » les os et aux empreintes de dents dont quelques-uns » portent les marques, que la caverne de Kirkdale a été, » durant une longue suite d'années, un lieu de retraite

» pour des hyènes, qui y traînaient ces autres animaux
» dont les débris se trouvent maintenant mêlés à leurs
» propres ossemens. Cette conjecture a acquis presque
» le caractère de la certitude, depuis la découverte que
» j'ai faite de beaucoup de petits globules semblables à la
» substance connue dans l'ancienne matière médicale
» sous le nom de *album græcum*; ces globules ne sont
» autre chose que les excrémens solides et calcaires dé-
» posés par un animal sur les os; leur forme extérieure
» est celle d'une sphère irrégulièrement comprimée,
» comme dans les excrémens des moutons; leurs dia-
» mètres varient entre un demi-pouce et un pouce; la
» couleur est un blanc jaunâtre; la cassure, terreuse et
» compacte, ressemble à la stéatite; quelquefois elle
» est granuleuse et parsemée de petites cavités cellulaires.
» Le gardien de la ménagerie d'*Exeter Change* recon-
» nut les globules, quand on les lui montra, pour appar-
» tenir à l'hyène du Cap, celui de tous les animaux de
» cet établissement, ajouta-t-il, qui se nourrit d'os le
» plus volontiers. Je tiens ces détails du Dr Wollaston.
» Ce chimiste a analysé de son côté les globules en ques-
» tion, et y a trouvé du phosphate de chaux, du carbo-
» nate de chaux, et une très-petite proportion de triple
» phosphate d'ammoniaque et de magnésie, comme on
» aurait pu le prévoir à l'avance, si on avait su que
» les alimens d'où ils provenaient étaient des os. Aucune
» matière animale n'existait dans ces globules : leur na-
» ture terreuse, et pour ainsi dire osseuse, explique
» comment ils se sont si parfaitement conservés.

» Je ne devine pas quels argumens plus convaincans
» on pourrait ajouter à ceux que j'ai déjà rapportés,

» pour prouver que la caverne de Kirkdale a été un
» repaire d'hyènes, et que ces animaux furent les agens
» qui y transportèrent tous les autres débris. Parvenu
» à ce terme, dans nos recherches, il sera utile d'exa-
» miner jusqu'à quel point les habitudes des hyènes
» modernes peuvent éclaircir le fait que nous discu-
» tons. »

M. Buckland cite alors un passage de Bubesque, d'où il résulte qu'en Anatolie les hyènes se répandent la nuit dans les cimetières, y déterrent les morts, et traînent les cadavres dans leurs repaires. Suivant Brown, les hyènes du Darfour se réunissent, pour leurs expéditions, au nombre de six, huit, et même davantage; on les a vu, dans ce cas, entraîner, jusqu'à de prodigieuses distances, le corps tout entier d'un chameau mort. La force des mâchoires de cet animal est telle, qu'en se battant avec un dogue, il commence par lui enlever une jambe, et un seul coup de dent suffit pour cela. Dans la caverne de Kirkdale, les ossemens des hyènes elles-mêmes ont été brisés et rongés; mais ce fait n'a rien d'extraordinaire, si, comme le dit Brown, dans son *Voyage au Darfour*, « lorsqu'un de ces ani-
» maux est blessé, ses compagnons le mettent aussitôt
» en pièces et le dévorent. » Pour ce qui est des restes, en petit nombre, d'éléphant, de tigre, de rhinocéros, que la cave renferme, on peut supposer que les hyènes avaient trouvé dans les champs les carcasses entières de ces animaux, et qu'elles les avaient traînées par parties dans leurs repaires. Les cinq ou six os d'oiseau qu'on y a découverts ont dû aussi appartenir à des individus morts, dont les hyènes s'étaient emparées dans leurs excursions. Si l'on

demandait enfin comment il est arrivé que la caverne ne renfermait pas un seul squelette entier d'hyène, on repondrait à cette difficulté soit en disant que ces animaux s'étaient déjà transportés depuis long-temps dans d'autres lieux, quand arriva l'inondation qui a recouvert tous les ossemens d'une épaisse couche de vase, soit en supposant qu'au moment même de la catastrophe les hyènes vivantes qui pouvaient se trouver dans la grotte, se réfugièrent sur des montagnes plus élevées.

Il paraît donc établi, d'après tous ces détails, que la caverne de Kirkdale a été l'antre où ont vécu plusieurs générations successives d'hyènes. Ce fait a quelque importance, puisqu'il établit hors de toute contestation que ces animaux, les rhinocéros, les éléphans, etc., existaient anciennement au nord de l'Europe. Les ossemens fossiles qu'on a trouvés dans tant de lieux, conduisaient déjà à cette conclusion; mais la preuve était incomplète, puisqu'on pouvait supposer que les courans avaient transporté les carcasses flottantes depuis les régions équatoriales jusque dans nos climats.

On a trouvé des cavernes semblables à celle de Kirkdale dans d'autres parties de l'Angleterre, en Allemagne, etc. M. Buckland avertit expressément qu'il ne prétend point qu'en tout lieu les ossemens ont été transportés dans les cavernes par des hyènes; ici les animaux, après s'être volontairement retirés au fond de ces antres, y seront morts naturellement; ailleurs une chute accidentelle à travers des crevasses les aura amenés dans les points où gissent maintenant leurs squelettes; en d'autres localités, enfin, les ossemens flottans auront été poussés dans ces cavités du sol par l'action des vagues; mais aucune de ces

hypothèses ne fournirait une explication plausible de l'ensemble des observations qu'on a eu l'occasion de faire dans la caverne de Kirkdale. On annonce, du reste, que M. Buckland va publier un ouvrage complet sur cette question, et nous ne manquerons pas d'en tirer, pour les *Annales*, tout ce qui nous semblera propre à intéresser les lecteurs.

En relisant avec une nouvelle attention le Mémoire d'où ce qui précède est extrait, j'ai remarqué deux particularités que j'avais d'abord supprimées dans le dessein d'être court; mais je pense maintenant devoir les placer ici en addition, parce qu'elles me semblent ajouter beaucoup de poids au système qu'a adopté M. Buckland pour expliquer comment tant d'ossemens brisés ont été réunis dans la caverne de Kirkdale.

La première particularité est l'énorme disproportion qu'il y avait, d'après M. Buckland, entre le nombre de dents et celui des os que la caverne renfermait; la seconde est le poli qu'on remarque sur une seule des faces de ces débris.

Ainsi, sur beaucoup de dents et d'os les mieux conservés, un côté seulement est usé jusqu'à une profondeur considérable et poli : dans les fragmens rectilignes des plus gros ossemens, l'une des extrémités fracturées présente une surface presque complètement doucie, tandis que la fracture opposée est irrégulière, inégale et couverte de saillies aiguës. Il existe, à cet égard, entre les deux faces de l'os, la même différence qu'on trouve dans les cailloux qui pavent nos rues, entre la surface

extérieure et celle qui est enfoncée dans le sol : la première devenant toujours à la longue douce et arrondie, tandis que l'autre conserve constamment sa forme originaire et ses angles aigus.

Ce fait, ajoute M. Buckland, ne me paraît pouvoir être expliqué qu'en admettant que les aspérités sur la surface supérieure des os ont été usées, soit par les pieds des hyènes durant leurs entrées et leurs sorties continuelles, soit par le frottement de la peau de ces animaux quand ils se couchaient dans la caverne. On ne doutera guère de la justesse de cette explication, si nous ajoutons que dans un grand nombre des plus petits ossemens curvilignes, et en particulier dans ceux de la mâchoire inférieure, la surface convexe toute seule a été usée et polie. Or, de tels ossemens ne pouvaient rester immobiles sur la route parcourue par les hyènes en entrant et en sortant, tant que la surface concave était en haut : car alors le pied de l'animal, en appuyant sur une des extrémités de l'os, devait le faire pirouetter. C'est seulement quand les deux cornes de ces espèces de petits croissans s'étaient tournées vers le bas, et après qu'une pression subséquente les avait fait pénétrer dans une substance molle inférieure, ou dans des cavités quelconques, que l'os prenait une position fixe et invariable ; alors le frottement répété produisait de grands effets ; quelques os et même des dents ont été ainsi usés du quart de leur épaisseur. Dans la crainte qu'on ne trouvât cette cause trop faible relativement à l'effet produit, M. Buckland rapporte qu'au Bengale la pierre sur laquelle se couchait un tigre dans sa caverne, était considérablement usée et polie par le frottement de la peau de l'animal ; il cite d'ailleurs, comme

un exemple plus remarquable encore ces profondes cavités qui ont été creusées dans quelques églises par les lèvres des pèlerins, même sur des statues métalliques.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 3 *mars* 1823.

ON annonce que M. Chaussier est attaqué d'une maladie grave. M. le Président invite deux membres de l'Académie à exprimer à M. Chaussier les vœux que font ses confrères pour le prompt rétablissement de sa santé.

Le Ministre de l'Intérieur adresse une Lettre du Préfet de Rhodez, sur le mouvement extraordinaire du baromètre observé dans cette ville le 2 février dernier.

M. d'Albuquerque présente la première partie de ses *Tableaux élémentaires de chimie.*

M. OErsted communique d'abord les résultats de ses expériences sur la compression de l'eau; il entretient ensuite l'Académie du travail que vient de faire M. Seebeck sur les phénomènes électro-magnétiques. (*Voyez* le Cahier précédent.)

M. Lonchamps donne lecture d'un Mémoire *sur l'Incertitude que présentent quelques résultats de l'analyse chimique.*

L'Académie s'occupe ensuite, en comité secret, de quelques objets d'administration intérieure.

Séance du lundi 10 mars.

M. Bosc annonce que la santé de M. Chaussier s'est un peu améliorée.

On apprend que M. Deschamps est incommodé. Le Président charge deux membres d'aller lui rendre visite au nom de l'Académie.

M. Bertrand Roux adresse un ouvrage manuscrit considérable intitulé : *Description géognostique des environs de Puy en Vélay*. (Nous ferons connaître le rapport.)

M. Arago annonce que la comète de 1203 jours a été découverte au port Jackson par M. Rumker. Il communique aussi un extrait des journaux anglais, qui, malheureusement, n'est pas officiel, et d'après lequel les frégates du capitaine Parry auraient été vues dans les mers du Kamschatka.

M. de la Borne présente un paquet cacheté, contenant les résultats de quelques nouvelles recherches sur l'action de la pile voltaïque.

On nomme au scrutin la Commission qui présentera des candidats pour la place d'associé vacante par la mort de M. Jenner. Les membres qui obtiennent le plus de suffrages sont : MM. Laplace, Arago, Legendre, Cuvier, Lacépède, Chaptal.

M. Vauquelin donne lecture d'une Note sur une matière cristalline qui s'est formée dans une dissolution de cyanogène. (*Voyez* le précédent Cahier.)

Séance du lundi 17 mars.

Le Ministre de l'Intérieur envoie plusieurs Rapports que les Préfets lui ont adressés sur les effets des déboisemens.

M. Charles, qu'une douloureuse maladie avait tenu éloigné des séances de l'Académie depuis plusieurs mois, témoigne combien il a été sensible aux nombreuses marques d'intérêt que tous ses confrères lui ont données.

M. Pelletan communique des nouvelles favorables de la santé de M. Chaussier.

On annonce la mort de MM. Cottuni et Viborg, correspondans.

M. Chaptal annonce que les tableaux élémentaires de la chimie inorganique de M. d'Albuquerque, qui avaient été renvoyés à son examen, sont rédigés avec méthode.

M. Labillardière, au nom d'une Commission, rend compte d'un Mémoire de M. Lestiboudois, professeur de botanique à Lille, intitulé : *De la Structure des monocotylédonés.*

M. Lestiboudois veut établir que, dans les monocotylédonés, les fibres se produisent au centre, et que du centre sortent les rameaux et les feuilles. M. le Rapporteur cite des faits qui sont en opposition manifeste avec cette opinion. D'après cela, l'Académie n'accueille point le Mémoire.

M. Besson fils présente un Mémoire *sur divers Systèmes de machines à vapeur*; M. Rozet, un écrit intitulé : *Application du principe de la réaction de l'eau à la navigation.* (Des commissaires sont nommés pour examiner ces dissertations.)

M. Moreau de Jonnès lit ses *Recherches sur les conditions d'organisation végétale nécessaires aux différens modes de la translation géographique des plantes, par les agens naturels.*

L'Académie, s'étant formée en comité secret, entend le rapport de la Commission nommée dans la précédente séance, et chargée de présenter des candidats pour la place d'associé vacante depuis le décès de M. Jenner. La Commission présente neuf candidats dans l'ordre suivant : MM. Wollaston, Young, Olbers, Dalton, OErsted, Léopold de Buch, Brown, Sœmmering et Lambton.

Plusieurs membres font une exposition détaillée des découvertes de ces savans.

Séance du lundi 24 mars.

M. le colonel Lambel présente un Mémoire qui sera l'objet d'un rapport, et dans lequel il traite de la cohérence des maçonneries nécessaire à la stabilité des revêtemens et des voûtes.

L'Académie va au scrutin pour l'élection d'un associé étranger. Au premier tour, sur 44 votans, M. Wollaston obtient 38 suffrages; M. Olbers 5; M. de Buch 1. La nomination de M. Wollaston sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Poisson lit un Mémoire *sur la Propagation du mouvement dans les fluides élastiques.* (*Voyez* plus haut.)

M. Cuvier présente un squelette humain, incrusté dans une pierre de sédiment calcaire, trouvé récemment au port du môle de la Guadeloupe.

M. Œrsted annonce qu'il est parvenu à augmenter les effets désignés dans une Note précédente (*voyez* le Cahier de février) par le nom de *thermo-électriques*.

M. Bory-Saint-Vincent lit un Mémoire intitulé : *Essai sur la géographie physique de l'Espagne*.

Séance du lundi 31 *mars*.

Le Ministre de l'Intérieur envoie les Ordonnances du Roi, qui confirment les nominations de MM. Dulong et Darcet.

Par une seconde lettre, le Ministre invite l'Académie à lui présenter un candidat pour la place de second professeur adjoint à l'Ecole de Pharmacie de Montpellier.

S. E. transmet aussi une Notice de M. Chaudruc de Crazânes, sur l'emploi des huîtres dans les constructions antiques de la ville de Saintes.

M. Varnhagen adresse une Dissertation sur le ton de couleur de l'épiderme des peuples des tropiques.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire communique ses observations sur un chien né le même jour 31 mars 1823, et qu'il nomme *triencéphale*. Ce chien monstrueux a été mis sous les yeux de l'Académie.

M. Ampère parle de quelques nouvelles expériences de M. Pouillet, sur les effets électriques excités par le contact du mercure et du bismuth.

M. Poisson lit une Note *sur le Phénomène des anneaux colorés*. (Nous la publierons dans le prochain Cahier.)

M. Brochant fait un rapport verbal sur un ouvrage intitulé : *Dictionnaire minéralogique en neuf langues*, par Michel Kovats, médecin à Pest.

M. OErsted lit une Note sur des expériences qu'il a faites avec M. Fourier, et dont il résulte que les effets thermo-électriques, excités par les inégalités de température, peuvent être multipliés au moyen de la répétition alternative de barreaux de diverses matières.

M. Dupin, au nom d'une Commission, lit un Rapport concernant l'usage des diverses machines à feu, les accidens auxquels cet usage a donné lieu, et les moyens que la Commission juge propres à les prévenir.

L'Académie, considérant l'importance de cette question, arrête que la discussion sera reprise à la prochaine séance.

Sur *l'Acide des prussiates triples*.

La nature de l'acide contenu dans les combinaisons désignées, il y a peu de temps encore, par le nom de *prussiates triples*, ainsi que sa constitution chimique, me paraissent n'être plus soumises à aucune incertitude.

M. Porrett, à qui l'on doit la découverte importante de cet acide, le considère comme formé de carbone, de fer, d'azote et d'hydrogène; mais ses expériences n'y démontrent pas d'une manière satisfaisante l'absence de l'oxigène, puisqu'elles l'ont conduit à attribuer au fer d'autres degrés d'oxidation que ceux qu'on avait déterminés par des moyens plus directs. (*Ann. de Chim. et de Phys.* XII. 378.)

M. Robiquet, après avoir obtenu l'acide des prussiates dans un grand état de pureté, a trouvé, en le décomposant par le feu, qu'il ne donne aucun produit oxigéné, et il conclut qu'il ne contient que du carbone, de l'azote, de l'hydrogène et du fer. (*Ann. de Chim. et de Phys.* XII. 290.) Cette expérience paraît directe; mais M. Robiquet a laissé indéterminée la proportion dans laquelle ces divers élémens sont combinés.

L'analyse des prussiates triples a conduit M. Berzelius à la même conclusion que M. Robiquet; et, si cet habile chimiste n'a pas énoncé quelle était la véritable constitution de l'acide des prussiates triples, c'est parce qu'il le considère plutôt comme un sel acide que comme un acide particulier. (*Ann. de Chim. et de Phys.* XV. 144, 225.)

M. Berzelius a trouvé que le précipité obtenu en versant une dissolution de plomb dans le prussiate triple de potasse est formé de

3 atomes de cyanogène;
2 atomes de plomb;
1 atome de fer;

ou bien de

2 atomes de cyanure de plomb;
1 atome de cyanure de fer.

Les prussiates triples { de potasse et de fer; de baryte et de fer; de chaux et de fer }

ont une composition analogue, c'est-à-dire qu'ils contiennent chacun

1 atome de cyanure de fer;
2 atomes de cyanure de l'autre métal.

Or, puisque l'hydrogène contenu dans l'acide des prussiates a disparu en totalité, et qu'on ne trouve plus d'oxigène dans les prussiates triples, et particulièrement dans celui de plomb que je prendrai pour exemple, il faut que ces deux corps se soient combinés pour former de l'eau, et par conséquent que l'acide des prussiates triples contienne une quantité d'hydrogène suffisante pour neutraliser les deux proportions d'oxigène contenues dans les deux proportions d'oxide de plomb. Il doit donc être composé de

2 atomes d'hydrogène;
1 atome de fer;
3 atomes de cyanogène;

ou de

2 atomes d'acide hydrocyanique;
1 atome de cyanure de fer.

Je considère cet acide comme un véritable hydracide dont le radical serait formé de 1 atome de fer et de 3 atomes de cyanogène.

Lorsqu'on le combine avec un oxide, son hydrogène forme de l'eau avec l'oxigène de l'oxide, et son radical se réunit avec le métal de ce dernier. Le composé n'est plus alors un prussiate : c'est un *cyanoferrure*. Réciproquement, lorsqu'on décompose un cyanoferrure par un hydracide, l'acide hydrosulfurique, par exemple, l'hydrogène de l'hydracide se combine avec le *cyanoferre* et produit l'acide *hydro-cyanoferrique*. Au reste, la théorie

des cyanoferrures et des hydro-cyanoferrates serait exactement la même que celle des sulfures et des hydrosulfates, des chlorures et des hydrochlorates, etc.

Il est sans doute prématuré de donner un nom, celui de *cyanoferre*, à un être encore hypothétique, ou au moins qu'on n'a pas obtenu isolé; mais, d'une part, je regarde son existence comme très-probable, et de l'autre la dénomination que j'ai employée exprime nettement la manière dont je conçois la nature des prussiates triples.

Sur *la Liquéfaction de plusieurs substances gazeuses.*

Par M. Faraday.

Avant l'année 1810, on avait supposé que les cristaux qui se forment dans une solution aqueuse de chlore, à des températures au-dessous de 4°,5, étaient du chlore pur; mais sir H. Davy fit voir alors qu'ils étaient un hydrate de cette substance. Pendant les derniers froids de cette année, M. Faraday a fait quelques expériences sur cet hydrate, et a trouvé qu'il est formé de 27,7 de chlore, et de 72,3 d'eau, ou, à-peu-près, d'une proportion de chlore et de dix d'eau. Le président de la Société royale suggéra à M. Faraday que l'on pourrait obtenir des résultats intéressans en examinant la décomposition de cette substance sous une pression convenable, et l'engagea à faire quelques expériences sur cet objet.

Des cristaux d'hydrate de chlore, desséchés autant

que possible, en les pressant entre des feuilles de papier à filtrer, ont été introduits dans un tube de verre qu'on a ensuite scellé hermétiquement. Tant que ce tube a été plongé dans de l'eau à la température de 15 à 16 degrés, les cristaux n'ont éprouvé aucune altération ; mais, lorsque la température a été portée à 38°, ils se sont décomposés, et il en est résulté deux liquides, l'un d'une couleur jaune-pâle, paraissant être de l'eau, et l'autre d'une couleur jaune-verdâtre plus foncée, ressemblant au chlorure d'azote. Ce dernier ne se mêlait point avec l'eau; mais, lorsque le tube a été refroidi à 21°, les deux liquides ont cristallisé de nouveau en se réunissant. Au-dessus des liquides il y avait une atmosphère de chlore, dont l'intensité de couleur indiquait qu'elle avait une grande densité. En ouvrant le tube, il se fit un bruit comme celui d'une explosion ; le fluide jaune disparut instantanément, et il se produisit un grand dégagement de chlore. M. Faraday conçut d'abord que le fluide jaune pouvait être un nouvel hydrate de chlore; mais il trouva qu'on pouvait aussi l'obtenir en comprimant du chlore dans un tube de verre, après l'avoir desséché sur l'acide sulfurique, et en appliquant en même temps l'action du froid; de sorte que, réellement, c'était du *chlore liquide*

Ce fluide peut être séparé de l'eau par la distillation, au moyen d'une lampe à esprit-de-vin. A quelque température qu'on le produise, il est parfaitement limpide et fluide, et il conserve ces propriétés à 18° au-dessous de 0. Lorsqu'on l'expose à la pression ordinaire de l'atmosphère, il s'en volatilise une portion ; mais le reste est tellement refroidi par l'évaporation, qu'il conserve

pendant quelque temps sa fluidité. En comparant les poids de volumes en apparence égaux de chlore liquide et d'eau, la densité du premier a paru être de 1,33.

Sir H. Davy a joint au Mémoire de M. Faraday une note dans laquelle il dit que les expériences de ce chimiste l'avaient conduit à penser que d'autres gaz que le chlore pouvaient être réduits à l'état liquide par la compression de leurs propres atmosphères, lorsqu'ils se dégagent des substances qui les contiennent, et que dans l'intention de vérifier cette conjecture il avait placé de l'acide sulfurique et du muriate d'ammoniaque dans différentes parties d'un tube de verre, et les avait mis en contact après avoir scellé le tube. Il a vu, en effet, se produire un liquide de couleur orange, qui était de l'acide muriatique. Quoique les deux substances employées fussent aussi pures que possible, il pense que la couleur orange du liquide pouvait être due au fer. Sir H. Davy termine sa note par des remarques sur la supériorité que cette manière de condenser les gaz possède sur les moyens mécaniques et l'application du froid.

Nous pouvons annoncer que M. Faraday a réussi, par des moyens analogues à ceux qu'il avait employés pour le chlore, à faire prendre l'état liquide à l'euchlorine, le protoxide d'azote, le gaz sulfureux, l'hydrogène sulfuré, l'acide carbonique et le cyanogène. Tous les liquides ainsi produits sont incolores, à l'exception de celui que forme l'euchlorine, et tous sont parfaitement fluides et extrêmement volatils. (*Annals of Phil.*, *new series*, vol. v.)

Aussitôt que les Mémoires originaux nous seront par-

venus, nous nous empresserons de les faire connaître à nos lecteurs; mais l'importance des résultats de M. Faraday nous a déterminés à leur communiquer la notice succincte qu'on vient de lire.

Sur *la Fusion du charbon*.

M. Hare a annoncé, il y a peu de temps, que le charbon placé entre les deux fils conducteurs de cette espèce de pile voltaïque qu'il appelle *deflagrator*, prend une consistance pâteuse, et paraît être dans un état de fusion.

M. Silliman, compatriote de M. Hare, vient de répéter ces expériences. Suivant lui, si l'on adapte aux deux fils conducteurs deux pointes de charbon, et si après les avoir placées en contact pendant l'action de l'appareil, on les éloigne un peu, l'ignition la plus intense se manifestera à l'instant.

Le charbon en communication avec le pole *positif* s'alongera de $\frac{1}{16}^{me}$, de $\frac{1}{8}^{me}$ et même quelquefois de $\frac{1}{4}$ de pouce. Le charbon attaché au fil partant du pole négatif, au contraire, diminuera, et une cavité sphéroïdale se formera à son extrémité, *comme si une portion de sa substance avait été transportée sur l'autre charbon par un courant dirigé du pole négatif au pole positif*. M. Silliman imagine que durant ce transport le charbon est à l'état de vapeur.

En examinant avec un microscope la pointe saillante formée sur le charbon du pole positif, on y reconnaît,

dit M. Silliman, des indications évidentes de fusion. Cette pointe est mamelonnée ; la surface paraît couverte d'un vernis ; le lustre est métallique, les pores et la texture fibreuse du charbon ont disparu ; ce corps est devenu plus dur et plus dense : il ressemble enfin à de l'hématite brunâtre. (*Edimb. philos. Journ.* xv, 1823, p. 187-188.)

Le Dr Silliman annonçait que, pour la réussite de l'expérience dont nous venons de parler, il était indispensable d'employer le *deflagrator*. M. William West, de Leeds, conteste la vérité de cette assertion. (*Ann. of Philos.*, avril 1823.) En employant une pile ordinaire, il a obtenu, assure-t-il, un *cratère* de $\frac{1}{8}$me de pouce, parfaitement tranché, sur le charbon du côté négatif ; le cône formé au pole opposé se terminait par un filament qui s'allongeait durant l'écartement des deux charbons jusqu'au moment où il se rompait par son propre poids. M. West pense que la vapeur qui se transporte du charbon négatif au charbon positif avec lequel elle se combine, est plus abondante quand on opère dans le vide qu'à l'air libre.

M. West prétend avoir montré ces expériences, il y a plus d'un an, dans une séance publique de la Société philosophique de Leeds. Il ne les avait pas imprimées jusqu'ici, dans l'idée qu'il était impossible que les phénomènes en question eussent échappé aux chimistes qui se sont tant occupés du merveilleux instrument de Volta.

Sur *quelques Pierres rapportées du sommet du Mont-Blanc.*

Un Anglais nommé Mr F. Clissold, partit de Londres l'an dernier, et se rendit tout exprès à Chamouni, pour monter au sommet du Mont-Blanc; l'ascension eut lieu le 19 août : la relation du voyage, comme de raison, fut publiée quelques jours après. Nos lecteurs s'imagineront conséquemment que nous devons avoir à leur communiquer, soit quelques vérifications du coefficient de la formule barométrique, soit de nouvelles recherches sur la composition de l'atmosphère, sur la loi de décroissement de la chaleur, sur l'humidité des hautes régions de l'air, sur leur état électrique, l'extinction de la lumière, etc., etc.; mais M. Clissold n'a rien examiné de tout cela ; voici les résultats de son ascension : le ciel était sans nuages le 19 août ; le soleil se leva au-dessous de l'horizon du sommet du Mont-Blanc, et il *inondait* de lumière la région d'où il semblait sortir ! On voyait un nombre *indéfini* de sommités ; les unes revêtues de neige, les autres couvertes de pâturages ! les unes aiguës, les autres arrondies ! Le *Jura* terminait l'horizon au nord-ouest ! De la *ville* de Genève, comme tout le monde sait, on n'aperçoit point le Mont-Blanc ; M. Clissold a reconnu que, réciproquement, la ville n'est pas visible du sommet de la montagne ! Par compensation, les points de la Lombardie d'où le Mont-Blanc se présente dans toute sa majesté, se voient aisément au sud-est quand on est sur la montagne, etc. ! M. Clissold aurait sans doute ajouté d'autres *découvertes* à celles que je viens de rap-

porter s'il n'avait pas oublié, par hasard, à sa station de la Roche-Rouge, de consulter le thermomètre dont il s'était muni, et de se procurer des observations correspondantes de Chamouni. Je ne serai cependant pas forcé de terminer là l'extrait de cet *important* voyage, car, par désœuvrement, les guides de M. Clissold ont recueilli quelques échantillons des roches les plus élevées. Ces fragmens ayant été présentés au rédacteur de la *Bibliothèque universelle*, il en a donné l'intéressante description qu'on va lire :

N°. 1. Un fragment de rocher, en place, le plus voisin de la cime, c'est-à-dire, le plus élevé de l'Europe. C'est une roche amorphe dans laquelle le feldspath domine, mêlé de quelque peu de quartz. Elle est jaunie, çà et là, par du fer oxidé. Le feldspath, de couleur blanc-verdâtre, y affecte une cassure rhomboïdale.

N°. 2. Un échantillon de ces roches, à bulles vitreuses à la surface, qu'on trouve d'ordinaire sur l'aiguille du Gouté. On en a recueilli un assez grand nombre sur le sommet du Mont-Blanc. Celui en question est composé d'une masse d'amphibole noire (*horn blende*) presque pure, à laquelle adhère un filon distinct de feldspath. On voit, à l'endroit où les deux substances sont en contact, trois ou quatre bulles de verre noir, dont une a environ une ligne et demie de diamètre; et de celle-ci part un léger sillon creusé dans la portion feldspathique de la pierre, et dans lequel on découvre à la loupe de petites bulles de ce verre noir; effet qui semble appuyer l'opinion de ceux qui attribuent ces fusions vitreuses à l'action de la foudre, très-fréquente sur ces sommités. (*Voyez*, à ce sujet, les *Annales*, tome XIX, page 296.)

N°. 3. Petit échantillon de la même nature de roche, mais où le feldspath est plus disséminé. Deux des faces de la pierre sont entièrement recouvertes de bulles vitreuses microscopiques, et l'une de ces deux faces, vue à la loupe, montre sur toute son étendue comme un vernis de fusion. On voit sur l'autre face (contiguë), outre les bules, un commencement de fusion analogue à celui de l'échantillon précédent.

N°. 4. Un fragment de la roche des *Grands-Mulets*, recouvert de petits cristaux d'adulaire entremêlés d'un byssus amianthoïde.

Nouveau Procédé *pour extraire l'élaïne des huiles.*

Par M. Peclet.

Ce procédé est fondé sur la propriété que possède la stéarine de se saponifier à froid par des lessives fortes, et qui n'appartient point à l'élaïne : pour séparer ces deux substances, on verse sur l'huile une dissolution concentrée de soude caustique, on agite, on fait chauffer légèrement pour séparer l'élaïne du savon de stéarine, on passe dans un linge et ensuite on sépare par décantation l'élaine de l'excès de dissolution alcaline. Le procédé m'a toujours réussi sur toutes les huiles, excepté sur les huiles rances et sur celles qui ont été altérées par la chaleur. L'élaïne obtenue par ce procédé est parfaitement identique avec celle obtenue par les procédés de MM. Chevreul et Braconnot.

TABLES *des Dépressions du mercure dans les tubes de baromètre, dues à la capillarité.*

IL y a treize ans que M. de Laplace publia, dans la *Connaissance des Temps* pour 1812, une table des dépressions capillaires obtenue par l'intégration de l'équation de la surface qui termine une colonne de mercure dans un tube cylindrique de verre. Cette équation, du second ordre, ne peut être intégrée que par approximation; M. Bouvard, qui s'était chargé d'exécuter tous les calculs numériques, vient de les reprendre en totalité, dans la vue de faire disparaître quelques petites irrégularités qu'on avait remarquées dans la table. C'est le résultat de ce nouveau travail que nous mettons aujourd'hui, avec l'agrément de notre savant confrère, sous les yeux des lecteurs des *Annales*.

Le procédé d'intégration que M. de Laplace a donné dans la *Connaissance des Temps*, et dont M. Bouvard s'est servi, lui a fait connaître le demi-diamètre du tube correspondant à chaque dépression; il a déduit ensuite des résultats de ces premiers calculs, les valeurs des dépressions pour chaque diamètre inscrit dans la table, par une interpolation fondée sur cette remarque de M. de Laplace, que les différences des logarithmes des dépressions, divisées par les différences des diamètres des tubes, forment une suite de quotiens qui varient avec lenteur. La table qui suit offre, dans trois autres colonnes séparées, mais seulement de millimètre en millimètre, les dépressions capillaires données par

MM. Young, Ivory et Charles Cavendish; M. Bouvard a fait la réduction des mesures anglaises en millimètres à l'aide de la méthode d'interpolation dont nous venons de parler.

Les différences qu'on remarque entre les nombres correspondans renfermés dans les trois premières colonnes de dépressions, tiennent principalement à celles des données. Les résultats de M. Bouvard se fondent sur des expériences très-précises de M. Gay-Lussac. Quant à la table de lord Charles Cavendish, renfermée dans la dernière colonne, elle n'est assujettie à aucune théorie: tous les nombres ont été obtenus par des observations directes : aussi présentent-ils dans leur marche, comme on pourra le remarquer, des irrégularités assez sensibles.

Table *des Dépressions du mercure, dans le baromètre, dues à la capillarité.*

DIAMÈTRE du tube.	DÉPRESSION en millimètres.	Suivant le Dr Young.	Suivant M. Ivory.	D'après Cavendish.
mm	mm	mm	mm	
21,0	0,030	0,024	0,024	
20,5	0,034			
20,0	0,038	0,031	0,031	
19,5	0,043			
19,0	0,049	0,041	0,042	
18,5	0,056			
18,0	0,064	0,053	0,054	
17,5	0,073			
17,0	0,083	0,068	0,071	
16,5	0,094			
16,0	0,107	0,088	0,087	
15,5	0,121			mm
15,0	0,137	0,111	0,118	0,131
14,5	0,156			
14,0	0,176	0,144	0,152	0,150
13,5	0,198			
13,0	0,223	0,188	0,196	0,170
12,5	0,250			
12,0	0,281	0,242	0,253	0,200
11,5	0,315			
11,0	0,354	0,311	0,316	0,270
10,5	0,397			
10,0	0,445	0,402	0,406	0,406
9,5	0,500			
9,0	0,562	0,517	0,521	0,608
8,5	0,632			
8,0	0,712	0,669	0,673	0,820
7,5	0,803			
7,0	0,909	0,869	0,868	1,073
6,5	1,030			
6,0	1,171	1,139	1,134	1,377
5,5	1,337			
5,0	1,534	1,510	1,513	1,735
4,5	1,774			
4,0	2,068	2,063	2,066	2,187
3,5	2,442			
3,0	2,918	2,986	2,988	3,054
2,5	3,568			
2,0	4,454	4,887	4,888	4,472

Note sur l'Acide purpurique.

Par Mr J.-L. Lassaigne.

M. Vauquelin, en répétant les expériences du Dr Proutt et de M. Gaspard Brugnatelli, sur l'acide particulier qui se forme par la réaction de l'acide nitrique sur l'acide urique, obtint des résultats différens de ceux annoncés par ces deux chimistes (1). Il a reconnu qu'il se produit ordinairement deux acides, savoir : un acide coloré et un acide blanc très-puissant. Ces deux acides diffèrent essentiellement l'un de l'autre, en ce que le premier est coloré, et forme, avec le plomb, un sel insoluble; tandis que l'autre est blanc, et donne un sel soluble avec l'oxide du même métal. Ni l'un ni l'autre de ces acides ne lui a présenté les propriétés énoncées dans les Mémoires de MM. Proutt et Brugnatelli ; ce qu'il croit devoir attribuer à ce que ces deux chimistes ne l'ont pas obtenu dans son état de pureté.

Quoique M. Vauquelin ait reconnu la formation de deux acides distincts dans cette opération, leur existence lui paraît encore douteuse. Il pense qu'il se pourrait qu'il n'y en eût véritablemnt qu'un seul, dont les propriétés seraient modifiées par une matière colorante développée en même temps. Il appuie son opinion sur des considérations favorables à cette hypothèse.

J'ai pensé qu'en soumettant aux effets de la pile galvanique une solution de sel obtenu avec l'acide coloré, on pourrait éclaircir cette question. En effet, les élémens de ce sel devaient se désunir et se rendre séparément aux poles de cet appareil ; si la matière colorante était elle-même acide, elle devait, à l'instar de cette classe de corps, être attirée au pole positif, ou manifester une propriété neutre. Pour vérifier cette assertion, j'ai fait plonger les deux poles d'une pile en activité dans deux

---

(1) *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, tome VII, addition, 2e cahier.

petites éprouvettes de verre contenant, l'une, une solution faible de purpurate d'ammoniaque coloré, l'autre de l'eau distillée, et communiquant entr'elles par le moyen de fils d'amiante imbibés d'eau. L'extrémité du fil de platine placé au pole négatif venait se rendre dans la solution saline, et l'autre était en contact avec l'eau distillée. Après plusieurs heures durant lesquelles la pile fut entretenue en action, on remarqua que l'eau de l'éprouvette située au pole positif était restée incolore, mais qu'elle avait acquis la propriété de rougir la teinture de tournesol, tandis que celle du pole négatif était alcaline et plus fortement colorée qu'avant l'expérience.

La liqueur acide fut concentrée dans le vide au moyen de l'acide sulfurique. On obtint alors une substance blanche, acide, qui, combinée avec l'ammoniaque, produisit un sel incolore présentant tous les caractères du sel blanc obtenu par M. Vauquelin, et ne précipitant point les dissolutions de plomb et d'argent, comme cela avait lieu avant le transport de l'acide pur au pole positif.

Cette expérience prouve évidemment ce que M. Vauquelin avait pensé lors de l'examen qu'il fit de cet acide, que la propriété de colorer les sels formés par ce dernier n'appartient pas à sa nature, mais bien à une matière colorante particulière qui ne jouit d'aucune acidité et qui lui est étrangère.

Ces résultats, confirmant l'opinion de M. Vauquelin, d'abord émise dans son Mémoire, *d'après des considérations déduites de l'expérience*, portent à croire que l'acide obtenu et examiné par le Dr Proutt n'était pas pur, et que le nom d'*acide purpurique* qu'il lui a assigné à cause de la propriété qu'il lui a reconnue, de former des combinaisons de couleur pourpre, n'est plus propre à le désigner. Le nom d'*acide urique suroxigéné*, proposé par M. Vauquelin, lui serait mieux approprié.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	754,76	+ 2,8	96	755,91	+ 5,8	78	756,73	+ 5,0	80	759,77	+ 3,1	96	+ 5,8	— 0,0	Quelques éclaircies.	O.
2	762,61	+ 4,0	96	762,60	+ 6,6	78	761,08	+ 7,8	72	760,76	+ 5,2	83	+ 7,7	— 0,5	Nuageux.	O. N. O.
3	754,93	+ 5,2	96	754,50	+ 8,0	93	752,67	+ 9,6	90	749,90	+ 9,2	96	+ 9,6	+ 3,5	Couvert.	S O. fort.
4	747,68	+ 9,1	82	747,97	+ 8,5	69	747,63	+ 7,8	79	744,70	+ 3,8	93	+ 9,1	+ 3,8	Nuageux.	O. très-fort.
5	744,34	+ 5,1	93	744,77	+ 7,0	78	745,90	+ 5,9	91	747,02	+ 3,6	96	+ 7,0	+ 2,2	Très-nuageux.	O. N O.
6	750,04	+ 3,4	96	750,10	+ 5,0	77	750,13	+ 2,7	87	751,05	— 0,7	96	+ 5,0	— 1,2	Couvert,	N. O.
7	747,63	+ 0,5	91	744,10	+ 3,4	79	738,94	+ 3,1	75	731,57	+ 2,2	100	+ 3,4	— 3,2	Voilé.	S. S. O. fort.
8	737,88	+ 5,2	91	739,83	+ 4,5	88	740,33	+ 4,0	87	737,42	+ 2,7	99	+ 6,3	+ 2,2	Pluie fine.	O.
9	731,16	+ 4,8	90	733,46	+ 5,2	87	737,70	+ 3,1	97	744,20	+ 2,8	88	+ 5,3	+ 2,8	Couv., léger brouil.	N. O.
10	753,67	+ 5,0	84	754,09	+ 7,5	75	753,15	+ 8,2	71	751,63	+ 4,0	100	+ 8,2	+ 0,6	Nuageux.	O.
11	753,70	+ 8,5	90	754,50	+11,1	78	754,94	+10,2	74	756,20	+ 5,0	95	+11,1	+ 5,0	Nuageux.	O.
12	759,70	+ 6,2	90	760,57	+ 8,8	73	760,90	+ 8,8	68	762,43	+ 5,0	90	+ 8,8	+ 2,8	Nuageux.	N. N. E.
13	765,02	+ 3,7	95	764,61	+ 8,9	82	763,90	+ 9,7	73	764,54	+ 5,2	88	+ 9,8	+ 2,0	Très-nuageux.	N. O.
14	765,63	+ 6,0	89	765,15	+ 9,0	72	764,50	+ 9,5	80	764,90	+ 5,6	88	+ 9,5	+ 2,5	Nuageux.	N. faible.
15	765,40	+ 7,6	88	765,04	+10,5	70	764,12	+10,6	69	764,90	+ 6,0	80	+10,6	+ 1,9	Nuageux.	N. E.
16	765,54	+ 3,6	75	765,28	+ 5,2	75	761,41	+ 6,5	71	763,66	+ 5,0	79	+ 6,5	+ 1,0	Couvert,	N. E.
17	762,30	+ 6,0	83	761,57	+ 8,5	68	760,34	+ 9,7	68	759,50	+ 6,6	99	+ 9,8	+ 1,8	Nuageux.	N E.
18	756,63	+ 8,0	90	755,20	+ 8,5	82	752,82	+ 9,4	86	749,56	+ 8,2	96	+ 9,4	+ 5,8	Couv., léger brouil.	O. S. O.
19	747,00	+ 3,2	96	748,25	+ 3,1	84	750,74	+ 3,0	67	755,78	+ 0,2	90	+ 5,5	— 0,5	Quelques éclaircies.	N. N. O. fort.
20	757,15	+ 3,4	77	755,88	+ 6,1	65	753,45	+ 6,0	69	749,92	+ 5,0	97	+ 6,1	— 0,8	Nuageux.	S. O.
21	747,20	+ 8,5	94	745,84	+ 8,2	96	744,05	+ 9,7	98	743,48	+10,0	99	+10,0	+ 6,9	Pluie abondante.	S. O.
22	740,90	+13,2	91	739,78	+14,9	84	740,40	+13,0	82	743,56	+ 8,0	98	+14,9	+ 7,5	Très-nuageux.	S S. O. fort.
23	749,22	+ 8,0	88	750,45	+12,1	73	751,12	+12,5	74	754,40	+ 6,8	92	+12,5	+ 3,8	Nuageux	S. O.
24	759,90	+ 8,6	87	760,26	+12,9	71	760,00	+13,2	71	761,56	+ 9,5	89	+13,2	+ 4,6	Quelques éclaircies.	N.
25	762,51	+ 6,5	98	761,88	+ 7,5	64	760,88	+ 8,5	92	759,60	+ 7,3	98	+ 8,8	+ 5,8	Couvert, brouillard.	N. E.
25	758,16	+ 8,2	97	757,73	+ 9,7	91	756,50	+12,2	86	756,70	+ 8,1	99	+12,2	+ 7,5	Couvert, brouillard.	N. E.
27	757,60	+ 6,7	98	757,33	+ 8,9	92	756,44	+11,0	89	756,10	+ 9,1	98	+11,8	+ 5,4	Brouillard épais.	N. E.
28	756,50	+11,2	84	756,18	+15,5	76	755,77	+16,7	66	756,51	+12,4	77	+16,8	+ 5,6	Petits nuag. à l'horiz.	E. S. E.
29	757,60	+13,0	86	757,83	+17,0	72	756,87	+18,8	62	757,24	+11,6	85	+18,8	+ 6,2	Légers nuages.	E.
30	759,06	+15,1	82	758,73	+18,8	71	758,27	+18,8	67	757,80	+12,5	81	+18,8	+ 5,6	Nuageux.	S. S. O.
31	761,87	+12,1	91	762,60	+13,4	71	762,40	+13,7	68	764,45	+10,0	81	+13,8	+ 9,0	Nuageux.	O.
1	748,47	+ 4,5	92	748,73	+ 6,1	80	748,43	+ 5,7	83	747,80	+ 3,6	95	+ 6,7	+ 1,0	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	759,81	+ 5,6	87	759,61	+ 8,0	75	759,00	+ 8,3	73	759,12	+ 5,2	91	+ 8,7	+ 2,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 3,865
3	755,55	+10,2	90	755,32	+12,6	81	754,80	+13,5	78	755,58	+ 9,6	91	+13,8	+ 6,2	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 2,915.
	754,62	+ 6,8	90	754,58	+ 9,0	79	754,10	+ 9,3	77	754,21	+ 6,2	92	+ 9,9	+ 3,2	Moyennes du mois, +6°,5.	

Sur le *Phénomène des anneaux colorés*.

Par M. Poisson.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 31 mars 1823.)

C'est, comme on sait, pour expliquer le phénomène des anneaux colorés que Newton imagina d'attribuer à la lumière des propriétés périodiques, connues sous la dénomination d'*accès* de facile ou de difficile transmission, et dont les lois ne sont autres que les lois même de ce phénomène. La théorie newtonienne permet effectivement de supposer aux atomes lumineux de nouvelles propriétés, à mesure que l'on découvre de nouveaux phénomènes; mais la théorie des ondulations n'est pas aussi commode. On ne peut donner aux ondes d'autres propriétés que celles qui résultent des lois de la mécanique; et les conséquences qui s'en déduisent par une analyse rigoureuse doivent s'accorder avec l'expérience, sans quoi la théorie serait en défaut et devrait être abandonnée. Euler expliquait, dans cette théorie, le phénomène des anneaux colorés (1), en assimilant les lames minces, d'épaisseurs inégales, auxquelles correspondent des anneaux de couleurs diverses, aux flûtes de différentes longueurs qui font entendre des tons différens. Selon lui, ces anneaux, et généralement les corps colorés; ne sont pas vus par de véritables réflexions : les ondes émanées d'un corps lumineux mettent en mouvement les lames minces, ou les molécules superficielles des

(1) *Académie de Berlin*, année 1752.

corps qu'elles atteignent; celles-ci exécutent des vibrations dont la répétition dépend de l'épaisseur de ces lames, ou de la grandeur des interstices qui séparent ces molécules; et ces vibrations excitent à leur tour, dans l'éther environnant, des vibrations isochrones, qui vont porter à l'œil la sensation ou la couleur correspondant à leur rapidité. Il concluait de là, conformément à l'observation, que l'apparence d'une lame mince doit redevenir la même toutes les fois que son épaisseur est devenue double, triple, ou un multiple exact de ce qu'elle était d'abord; de même que deux flûtes font entendre le même ton, en général, lorsque leurs longueurs sont un multiple quelconque l'une de l'autre. Il aurait encore pu voir, d'après la même comparaison, que deux lames minces de matières différentes répondront à la même couleur quand leurs épaisseurs seront en raison des vitesses de la lumière dans les matières de ces lames, ou, autrement dit, dans le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction en passant d'une matière à l'autre; ce qui s'accorde aussi avec l'expérience. Nous pouvons même ajouter qu'en examinant avec attention la manière dont le son est formé dans les flûtes de longueurs inégales, et suivant toujours la comparaison et les idées d'Euler, on serait conduit à la véritable explication du phénomène des anneaux colorés dans la théorie des ondulations. Quoi qu'il en soit, le principe de leur formation n'a été connu que dans ces derniers temps: c'est M. Th. Young qui a montré que, dans cette théorie, on doit les attribuer à l'interférence des rayons réfléchis à la première et à la seconde surface de la lame mince; mais, en adoptant ce principe, l'explication de

cet ingénieux physicien, telle que M. Fresnel l'a rapportée (1), ne m'a pas semblé suffisante, et je me suis proposé de la compléter pour le cas, du moins, où les anneaux sont formés sous l'incidence perpendiculaire.

En effet, lors même que les ondes réfléchies aux deux surfaces de la lame mince ont entre elles la différence de marche nécessaire à l'interférence, il faut encore qu'elles aient la même intensité pour se détruire complètement : or, l'une d'elles n'ayant éprouvé qu'une seule réflexion, et l'autre une pareille réflexion et deux réfractions, elles ont dû être inégalement affaiblies. Il paraîtrait donc impossible qu'il y eût jamais des anneaux parfaitement obscurs; ce qui serait contraire à l'observation. Mais on doit observer que la lumière qui a pénétré dans l'intérieur de la lame mince y éprouve successivement une infinité de réflexions, à chacune desquelles une portion de cette lumière est émise au dehors : c'est donc la somme de toutes ces lumières partielles, et non pas seulement les deux premiers termes de cette série infinie, qu'il est nécessaire de considérer dans l'interférence; mais, pour calculer cette somme, il faut connaître suivant quelles lois les ondes lumineuses s'affaiblissent dans la réflexion et dans la réfraction; or, en employant, pour cet objet, les formules que j'ai données dans un précédent Mémoire, et qui se rapportent à l'incidence perpendiculaire, on trouve exactement zéro pour la lumière réfléchie aux épaisseurs de la lame mince qui répondent, suivant l'expérience, aux anneaux obscurs; et, ce qui en est une conséquence, on trouve, aux mêmes épais-

(1) *Supplément à la Chimie de Thomson*, page 70.

seurs, l'intensité de la lumière transmise égale à celle de la lumière incidente.

Pour donner plus de généralité à la question, et pour la rendre aussi plus intéressante, je supposerai que les deux milieux entre lesquels la lame mince est interposée, soient formés de matières différentes. Dans ce cas général, mais toujours pour l'incidence perpendiculaire, on trouve que les intervalles compris entre les anneaux de même intensité et les différences d'épaisseurs de la lame qui leur correspondent, ne dépendent que de la matière de cette lame, et nullement de la nature des deux milieux extérieurs, la différence d'épaisseur pour deux anneaux consécutifs formés avec une lumière homogène étant toujours égale à la demi-largeur des ondes dans la matière même de la lame. On trouve aussi qu'aux points où l'épaisseur de la lame est un multiple exact de cette demi-largeur, l'intensité des anneaux réfléchis ou transmis est indépendante de la matière et de l'existence même de la lame, et qu'elle ne dépend que de la nature des deux milieux qui la contiennent, c'est-à-dire, qu'en ces points l'intensité de la lumière réfléchie ou transmise est égale à celle qui aurait lieu si l'on supprimait la lame interposée et que les deux milieux fussent en contact immédiat : c'est pour cette raison que, dans le cas ordinaire où ils sont formés de la même matière, et où, par conséquent, il n'y aurait plus aucune lumière réfléchie au passage de l'un à l'autre, les anneaux réfléchis sont parfaitement obscurs aux points dont nous parlons. Les deux milieux extérieurs étant différens, si la matière de la lame interposée a été choisie de manière que la vitesse de la lumière y soit une moyenne géomé-

trique entre ses vitesses dans ces deux milieux, le calcul montre qu'il se formera encore, dans ce cas particulier, des anneaux obscurs vus par réflexion; et ces anneaux répondront exactement aux points où tombent les *maxima* des anneaux brillans dans le cas ordinaire, savoir, aux points où les épaisseurs de la lame sont des multiples impairs du quart de largeur des ondes dans son intérieur; résultat singulier qui mériterait d'être confirmé par des observations directes.

Voici maintenant le calcul très-simple qui conduit à ces propriétés des anneaux colorés :

Désignons par a et a' les vitesses de la lumière dans les deux milieux extérieurs; a se rapportant au milieu en contact avec la surface de la lame mince, sur laquelle la lumière vient tomber perpendiculairement, et a' appartenant à celui qui répond à l'autre surface, par laquelle la lumière est transmise dans la même direction. Soit aussi b la vitesse de la lumière dans l'intérieur de la lame. Appelons v, v', v'', les vitesses propres des particules lumineuses dans les ondes incidente, transmise et réfléchie, considérées à la première surface de la lame, et u, u', u'', les mêmes vitesses relativement à la seconde surface; d'après ce que j'ai trouvé dans le Mémoire cité plus haut, nous aurons (1) :

$$v''=\frac{b-a}{b+a}v, \qquad v'=\frac{2b}{b+a}v,$$

$$u''=\frac{a'-b}{a'+b}u, \qquad u'=\frac{2a'}{a'+b}u,$$

(1) *Académie des Sciences*, année 1817, pag. 375 et suiv.

en observant que, dans ces formules, les vitesses positives se rapportent à la direction de la lumière incidente, et les vitesses négatives à la direction opposée.

Supposons encore que la vitesse v réponde à un temps t quelconque ; soit θ un intervalle de temps donné, et représentons par v_1, v_2, v_3, etc., les valeurs de v correspondant aux temps $t-\theta$, $t-2\theta$, $t-3\theta$, etc.; soit enfin l l'épaisseur de la lame mince; si θ est le temps que la lumière emploie à parcourir le double de cette épaisseur, en sorte que l'on ait :

$$\theta = \frac{2l}{b};$$

et si l'on considère une série continue et indéfiniment prolongée d'ondes partant d'un même point lumineux et tombant perpendiculairement sur la lame mince, il est évident que l'œil d'un observateur qui regarderait cette lame dans la même direction devra recevoir au même instant, soit par réflexion, soit par transmission, toutes ces vitesses v, v_1, v_2, v_3, etc., affaiblies chacune suivant le nombre de réflexions ou de réfractions qu'elle aura subies.

Cela posé, appelons V la vitesse totale reçue par réflexion : elle se composera 1° de la vitesse v qui aura subi une réflexion à la première surface de la lame, et sera multipliée par le facteur

$$\frac{b-a}{b+a};$$

2°. des autres vitesses v_1, v_2, v_3, etc., qui auront toutes éprouvé deux réfractions en traversant cette surface en

sens opposés, et seront multipliées, pour cette raison, par les facteurs

$$\frac{2b}{b+a} \text{ et } \frac{2a}{a+b};$$

et parmi lesquelles la vitesse quelconque v_{n+1} aura subi en outre, dans l'intérieur de la lame, un nombre $n+1$ de réflexions à la seconde surface, et un nombre n à la première; de sorte qu'elle sera multipliée par la puissance $n+1$ du facteur

$$\frac{a'-b}{a'+b},$$

et par la puissance n du facteur

$$\frac{a-b}{a+b}.$$

Donc, en faisant, pour abréger,

$$\frac{a-b}{a+b} \cdot \frac{a'-b}{a'+b} = h,$$

la valeur complète de V sera :

$$V = \frac{b-a}{b+a}v$$

$$+ \frac{4ab(a'-b)}{(a+b)^2(a'+b)}(v_1 + h v_2 + h^2 v_3 + h^3 v_4 + \text{etc.}).$$

En appelant de même U la vitesse totale reçue par transmission, elle se composera de toutes les vitesses v, v_1, v_2, etc., qui auront éprouvé deux réfractions en traversant les deux surfaces de la lame, et seront conséquemment multipliées par les facteurs

$$\frac{2b}{b+a} \text{ et } \frac{2a'}{a'+b};$$

et parmi lesquelles la vitesse quelconque v_{n+1} aura subi, dans l'intérieur de la lame, un nombre n de reflexions à chacune de ses surfaces; ce qui lui aura donné pour facteur la puissance n du produit h. La vitesse U aura donc, pour valeur complète :

$$U = \frac{4a'b}{(a+b)(a'+b)}(v + hv_1 + h^2v_2 + h^3v_3 + \text{etc.})$$

Maintenant supposons que la lumière qui tombe sur la lame soit homogène, et soit λ la durée de vibrations correspondant à sa couleur. La vitesse v restera la même, en signe et en grandeur, toutes les fois que le temps t auquel elle se rapporte variera d'un multiple quelconque de λ, et elle changera de signe sans changer de grandeur, lorsque le temps t variera d'un multiple impair de $\frac{1}{2}\lambda$; si donc l'intervalle de temps θ varie d'un multiple exact de λ, toutes les vitesses v_1, v_1, v_2, etc., resteront les mêmes, et les valeurs de V et U ne changeront pas; mais, pour cela, il faudra que l'épaisseur l de la lame augmente ou diminue d'un multiple de $\frac{1}{2}b\lambda$, c'est-à-dire, d'un multiple de la demi-largeur des ondes lumineuses dans la matière dont la lame est formée; donc, pour une semblable variation d'épaisseur, la teinte de la lame, vue par réflexion ou par transmission, ne devra pas changer, comme nous l'avons énoncé plus haut.

Pour déduire des formules précédentes l'autre conséquence générale que nous avons également énoncée, supposons que θ soit un multiple de λ, ou, autrement dit, que l'épaisseur l soit un multiple exact de la demi-

largeur $\frac{1}{2}b\lambda$ des ondes; nous aurons $v=v_1=v_2=v_3=$ etc.; et en observant que,

$$1+h+h^2+h^3+\text{etc.}=\frac{1}{1-h},$$

les valeurs de V et de U deviendront :

$$V=\left(\frac{b-a}{b+a}+\frac{4ab\,(a'-b)}{(a+b)^2\,(a'+b)\,(1-h)}\right)v,$$

$$u=\frac{4a'bv}{(a+b)\,(a'+b)\,(1-h)};$$

remettant pour h sa valeur et réduisant, il vient :

$$V=\frac{(a'-a)\,v}{a'+a},\quad U=\frac{2a'v}{a'+a};$$

ce qui montre que la lumière réfléchie et la lumière transmise sont les mêmes que si la lame mince n'existait pas, et que les deux milieux, dans lesquels les vitesses de propagation sont a et a', fussent en contact immédiat. Dans le cas particulier où ces deux milieux sont de la même matière, et où l'on a $a'=a$, la lumière réfléchie est nulle, et la lumière transmise exactement égale à la lumière incidente. On peut remarquer, à cette occasion, que quand on fait interférer deux lumières homogènes, parties d'un même point avec la même intensité, et dont l'une a traversé, dans sa route, une lame à faces parallèles, la destruction de lumière ne peut être complète qu'autant que l'épaisseur de cette lame est un multiple exact de la demi-largeur des ondes dans la matière dont la lame est formée.

Appliquons encore les valeurs de V et U au cas où

l'épaisseur l est un multiple impair du quart de la largeur des ondes, ou de

$$\frac{1}{4} b\theta;$$

le temps θ sera le même multiple de

$$\frac{1}{2} \lambda;$$

et par conséquent on aura :

$$v = -v_1 = v_2 = -v_3 = \text{etc.};$$

et à cause de

$$1 - h + h^2 - h^3 + \text{etc.} = \frac{1}{1+h},$$

il en résultera :

$$V = \left(\frac{b-a}{b+a} - \frac{4ab\,(a'-b)}{(a+b)^2\,(a'+b)\,(1+h)}\right) v,$$

$$U = \frac{4\,a'bv}{(a+b)\,(a'+b)\,(1+h)}.$$

Substituant à la place de h sa valeur et réduisant, on trouve :

$$V = \frac{(b^2 - aa')}{b^2 + aa'} v, \quad U = \frac{2\,ba'v}{b^2 + aa'}.$$

L'intensité de la lumière a pour mesure la densité du milieu dans lequel elle se propage, multipliée par le carré de la vitesse propre de ses particules, et par la largeur des ondes dans ce milieu, laquelle largeur est proportionnelle à la vitesse de propagation; si donc on appelle n et n' les densités des deux milieux différens dans lesquels la lumière est réfléchie et transmise, les intensités correspondantes auront pour mesure : naV^2 et $n'a'U^2$;

et elles devront être égales à l'intensité $\eta a v^2$ de la lumière incidente, en sorte que l'on aura :

$$\eta a V^2 + \eta' a' U^2 = \eta a v^2.$$

Mais quand plusieurs fluides sont en contact, la force élastique doit être la même pour tous; d'ailleurs l'élasticité, dans chaque fluide, est égale à sa densité, multipliée par le carré de la vitesse de propagation des ondes; on aura donc :

$$\eta a^2 = \eta' a'^2;$$

au moyen de quoi l'équation précédente se change en celle-ci :

$$V^2 + \frac{a}{a'} U^2 = v^2,$$

laquelle est identique, en vertu des valeurs de V et U; ce qui n'était pas inutile à vérifier.

Si l'on suppose que la vitesse de propagation dans la lame mince soit une moyenne proportionnelle entre les vitesses dans les deux milieux extérieurs, ou qu'on ait $b^2 = a a'$, il en résultera $V = o$; ce qui montre que, dans ce cas particulier, la réflexion sera nulle aux épaisseurs de la lame qui seront des multiples impairs du quart de largeur des ondes, ou, autrement dit, il y aura des anneaux obscurs aux points qui répondent aux *maxima* des anneaux brillans, dans le cas ordinaire où les deux milieux extérieurs sont les mêmes et où l'on a $a' = a$.

De *l'Argile plastique d'Auteuil, et des Substances qui l'accompagnent.*

Par M. Becquerel,
Ancien Chef de bataillon du Génie.

(Lu à l'Académie royale des Sciences en octobre 1821.)

La colline sur laquelle est situé le village d'Auteuil, près Paris, renferme dans son sein une foule de substances, dont quelques-unes se trouvent dans un gissement nouveau; la description de ce terrain peut donc avoir quelque intérêt pour la géologie.

Plusieurs fouilles faites non-seulement dans le village, mais encore dans les jardins environnans, m'ont permis d'étudier avec soin ce terrain et de comparer ensemble les observations faites sur différens points; j'ai donc pu constater d'une manière positive la succession des formations qui le composent. Dans la partie supérieure, on trouve d'abord une couche de terre végétale de cinq pieds de profondeur, ensuite un banc d'argile plastique d'environ 18 à 20 pieds, analogue, par sa nature et son gissement, à celui qui partout, aux environs de Paris, recouvre la craie, et est inférieur à la formation du calcaire coquillier marin. Cette argile varie de couleur; elle est successivement blanchâtre, jaune, rouge; ensuite elle devient noirâtre, bitumineuse : dès-lors peu à peu elle se charge de petits grains calcaires, de débris de plantes, de fragmens innombrables de lignite; puis les grains calcaires sont plus gros; l'argile plastique dispa-

raît insensiblement, et on atteint la formation crayeuse. C'est au milieu du lignite qu'on trouve en abondance du succin, de la strontiane sulfatée, de la chaux phosphatée, du fer phosphaté, du zinc sulfuré, des pyrites, des ossemens et des coquilles fossiles, etc. Nous allons parler successivement de chacune de ces substances, en commençant par le calcaire, en masses arrondies, qui repose presque sur la craie.

Du Calcaire de l'argile plastique.

Nous venons de dire que plus l'argile plastique s'approchait de la craie, plus elle contenait de grains calcaires, que ces grains augmentaient peu à peu de volume, et que l'argile disparaissait entièrement; c'est alors que l'on trouve des masses arrondies de calcaire d'un volume assez considérable, et dont les surfaces sont comme corrodées par l'action d'un acide. MM. Cuvier et Brongniard ont aperçu pour la première fois ce calcaire à Bougival, près Marly; voici comment ces deux célèbres naturalistes l'ont signalé dans leur *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* (page 69, édition de 1810) : « La craie se relève à Bougival, près Marly; » elle est presque à nu dans quelques points, n'étant » recouverte que par des pierres calcaires d'un grain » assez fin, mais en fragmens plus ou moins gros et » disséminés dans un sable marneux, qui est presque » pur vers le sommet de cette colline. Au milieu de ces » fragmens on trouve des géodes d'un calcaire blanc- » jaunâtre, compacte, à grain fin, avec des lames spa- » thiques et de petites cavités tapissées de très-petits » cristaux de chaux carbonatée. La pâte de ces géodes

» renferme une multitude de coquilles qui appartiennent
» à la formation du calcaire.

» Parmi ces géodes, nous en avons trouvé une qui
» présentait une vaste cavité tapissée de cristaux lim-
» pides, allongés et aigus, ayant plus de 2 centimètres
» de longueur. La division mécanique seule nous a
» appris que ces cristaux appartenaient à l'espèce de la
» strontiane sulfatée. »

D'après cet exposé, l'on voit que MM. Cuvier et Brongniard ont observé, à Bougival, sur la craie, des fragmens d'un calcaire à grain fin, dont un renfermait une géode tapissée de cristaux de strontiane sulfatée. Le calcaire que nous avons trouvé à Auteuil a un gissement absolument semblable; la strontiane sulfatée cristallisée l'accompagne également : l'intervalle qui sépare les blocs est aussi rempli par un sable marneux. Il y a donc identité de formation et de gissement entre ces deux calcaires. Nous en avons observé deux variétés bien distinctes : la première ressemble parfaitement à un calcaire compacte, quant à sa contexture; la seconde est formée d'un nombre infini de grains sphéroïdaux de diverses grosseurs, traversée en tous sens par des lames de spath calcaire, et mélangée souvent d'un grand nombre de pyrites. Ces deux variétés sont quelquefois imprégnées de bitume; elles renferment des coquilles fossiles, mais non assez caractérisées pour être déterminées : on croit cependant qu'elles sont fluviatiles.

Les cristaux de strontiane sulfatée qui recouvrent assez souvent la surface de ce calcaire appartiennent également à la variété apotome, comme ceux qui ont été observés par MM. Cuvier et Brongniard sur le calcaire de Bougival.

Du Lignite.

Nous avons déjà signalé le lignite comme se trouvant abondamment dans les parties inférieures de l'argile plastique d'Auteuil; outre la grande quantité de débris de plantes qui accompagnent cette argile, on trouve assez fréquemment des troncs d'arbre entiers dont le tissu, encore assez bien conservé, semble indiquer une grande analogie avec le bois de hêtre : ils sont pénétrés de pyrites. On remarque assez souvent que ces lignites sont tous couchés dans une direction à-peu-près perpendiculaire à celle du cours de la Seine.

Du Succin.

Cette substance, dont la formation est encore un problème pour les géologues, se présente dans ce gissement en grande abondance et de manière à jeter quelque jour sur son origine. J'ai examiné avec beaucoup d'attention les rapports du gissement de ce singulier minéral avec celui des substances qui l'accompagnent, et les observations que j'ai faites à cet égard auront sans doute quelque intérêt.

Dans la première fouille faite à Auteuil il y a environ quatre ans, je ne trouvai que quelques morceaux de succin peu caractérisés; depuis, dans diverses fouilles, cette substance s'est rencontrée en grande quantité, non-seulement dans le lignite, mais encore empâtée dans l'argile et isolée de ce bois fossile; quand elle accompagne le lignite, elle le pénètre et en recouvre quelquefois la surface à la manière des résines : j'en possède un échantillon où elle est placée entre l'épiderme et l'écorce. Cette disposition est bien favorable à l'opinion

de quelques savans, qui regardent le succin comme la résine des arbres dans les débris desquels il se trouve.

Lorsque le succin ne tient pas immédiatement au lignite, il est en nodules depuis la grosseur d'un pois jusqu'à celle d'un œuf; ses formes, oblongues et contournées, indiquent bien une substance liquide qui a coulé, à la manière des gommes et des résines que nous voyons suinter journellement de nos arbres.

Dans un espace d'environ trois ou quatre mètres cubiques, on a trouvé quatre ou cinq variétés bien distinctes de succin, savoir : du rouge, du jaune, de blanchâtre, de limpide, d'autre opaque; enfin, du succin qui paraissait être en décomposition. Comment expliquer la réunion de ces variétés de succin dans un lieu très-circonscrit, si l'on n'admet pas que ce sont les résines des arbres qui forment maintenant la masse de lignite renfermée dans l'argile plastique? On sait que c'est un des caractères des résines de se présenter quelquefois sous différens aspects sur le même arbre. Ce succin renferme à peine de l'acide succinique; soumis à la lumière polarisée, il jouit, comme la plupart des résines, de la propriété de déranger l'axe de polarisation; il se comporte en cela comme les corps cristallisés doués de la double réfraction : il existe de même un sens où un rayon de lumière polarisé traverse la substance sans éprouver d'altération sensible dans sa marche.

Plusieurs morceaux d'une grande netteté ont été taillés et employés en bijouterie.

Je ne doute pas que des fouilles faites avec soin dans cette localité ne procurent une assez grande quantité de succin.

De la Strontiane sulfatée.

Nous avons déjà dit que le calcaire de l'argile plastique avait souvent sa surface recouverte de petits cristaux de strontiane sulfatée, appartenant à la variété apotome ; mais cette substance a choisi aussi pour cristalliser un autre gîte ; c'est sur le lignite et dans son intérieur que l'on trouve groupés en rose, de jolis cristaux de strontiane sulfatée, dont quelques-uns ont un et deux centimètres de longueur. On observe une particularité assez remarquable sur la manière dont ces cristaux sont placés : ils pénètrent dans l'intérieur du lignite sans qu'il y ait aucune apparence de fissures par lesquelles la substance ait pu entrer. Les cristaux sont placés dans le lignite comme si on les y eût fait entrer avec effort : c'est donc la force cristallisante qui a écarté les molécules du lignite.

De la Chaux phosphatée.

L'argile marneuse, qui renferme le lignite et le succin, est assez ordinairement accompagnée d'un minéral dont les caractères extérieurs seuls n'auraient pu suffire pour en déterminer la nature. M. Laugier, qui a bien voulu l'examiner avec son habileté ordinaire, a trouvé qu'il contenait environ les $\frac{4}{5}$ de chaux phosphatée.

Ce minéral est en nodules allongés de deux à trois centimètres de diamètre, qui ont beaucoup de ressemblance, quant à la forme, avec les pechsteins de Ménil-Montant. Il a un grain fin et serré, une cassure terreuse ; il happe à la langue à la manière des argiles ; sa cou-

leur est le blanc-grisâtre ; sa pesanteur spécifique est assez faible ; elle varie suivant la quantité de pyrites qui se trouvent souvent dans sa masse ; plongé dans l'eau pendant quelques minutes, il y augmente d'environ moitié de poids ; il se laisse facilement entamer par un corps dur, et ne laisse voir aucune phosphorescence quand on projette sa poussière sur un charbon ; il fait effervescence dans l'acide nitrique, et s'y dissout presque entièrement ; le bitume vient nager à la surface de l'acide.

Traité au chalumeau, à la manière de M. Berzelius, avec l'acide borique et le fil de fer, on obtient une perle de phosphure de fer altérable à l'aimant.

Au moyen de tous ces caractères, cette substance se trouve suffisamment décrite.

J'aurais desiré pouvoir donner ici l'analyse de cette chaux phosphatée ; mais M. Laugier a desiré la répéter avant de la publier. Néanmoins il m'a dit que je pouvais affirmer que ce minéral renfermait de 65 à 72 parties de chaux phosphatée, du bitume, du carbonate calcaire et quelques traces de fer. L'analyse exacte sera imprimée dans un des prochains Numéros des *Annales.*

Les minéralogistes reconnaissent jusqu'à présent plusieurs formations de chaux phosphatée : 1°. celle des terrains métallifères de la Saxe ; 2°. celle des roches du Vicentin ; 3°. celle de la formation de la craie. L'analyse qui vient d'être faite des nodus de l'argile plastique constate l'existence de la chaux phosphatée, dans une formation différente de celles connues jusqu'à ce jour, puisque l'argile plastique est d'une formation postérieure à la craie. Au surplus, je joins ici l'analyse des

nodules de la craie, pour que l'on soit à même de comparer la chaux phosphatée de l'argile plastique à celle de la craie.

Analyse des nodules de la craie, par M. Berthier.

Chaux phosphatée	0,57	0,98.
Chaux carbonatée.............	0,07	
Magnésie carbonatée...........	0,02	
Fer et alumine silicatés........	0,25	
Eau et matière bitumineuse...	0,07	

En brisant les nodules de l'argile plastique, on trouve souvent de petites cavités tapissées de très-petits cristaux bleuâtres, qui appartiennent sans doute au fer phosphaté.

Des Ossemens et Coquilles fossiles.

Les ossemens fossiles sont assez communs dans cette localité; mais, en général, ils sont brisés, et ne sont pas assez caractérisés pour qu'on puisse déterminer la classe des animaux vertébrés à laquelle ils appartiennent. On a cru reconnaître des os de la tête d'un crocodile.

Les coquilles, qui sont à l'état de pyrites, sont aussi la plupart peu caractérisées; elles ont beaucoup de ressemblance avec les ampullaires, les paludines et les limnées.

La présence d'ossemens fossiles et de coquilles dans l'argile plastique explique l'origine des nodus de chaux phosphatée dont nous avons parlé précédemment.

Zinc sulfuré.

Dans les premières fouilles qui furent faites à Auteuil, je remarquai sur le lignite de petits cristaux octaèdres,

les uns jaunes, les autres rouges, ayant tous un éclat métallique; leur petitesse ne permit pas de déterminer si la forme était régulière. Je crus alors qu'ils appartenaient à l'espèce mellite, ou qu'ils constituaient une nouvelle espèce. Depuis, ayant retrouvé ces cristaux en plus grand nombre, je reconnus que leurs formes étaient régulières. J'observai successivement l'octaèdre régulier, le dodécaèdre, l'octaèdre maclé; enfin toutes les formes qui dérivent de l'octaèdre régulier. Il restait à déterminer leur nature : je priai M. Smithson, célèbre chimiste anglais, et qui opère avec une grande habileté sur de très-petits échantillons, de soumettre à ses moyens d'analyse les petits cristaux dont il est ici question; il ne tarda pas à reconnaître qu'ils appartenaient au zinc sulfuré. On ne sera pas fâché sans doute de retrouver ici les procédés dont s'est servi ce savant chimiste pour parvenir à cette découverte : un très-petit cristal chauffé au chalumeau, sur un charbon, avec un peu de sous-carbonate de soude, se change en sulfure alcalin. Posé ensuite sur une pièce d'argent décapée avec une goutte d'eau, le métal est noirci sur-le-champ; cette réaction indique la présence du soufre dans la pièce d'essai, puisqu'elle est due à la combinaison de l'acide hydro-sulfurique avec l'argent; de plus l'odeur de cet acide lève les doutes qui pourraient exister à cet égard. Cette réaction est d'une sensibilité extrême.

Pour découvrir la base, on dissout le sulfure dans une goutte d'acide sulfurique à laquelle on ajoute un peu d'acide nitrique; on évapore et on obtient des cristaux de sulfate de zinc faciles à reconnaître, puisqu'ils brûlent au chalumeau, sur le charbon, avec des flocons

blancs. Les parties constituantes de ces petits cristaux se trouvent donc parfaitement déterminées. On obtient aussi les fleurs de zinc en exposant le sulfure sur un charbon au dard du chalumeau.

La présence du zinc sulfuré dans les argiles plastiques est un fait nouveau en géologie. Les gissemens de cette substance sont très-variés ; elle appartient d'abord aux terrains les plus anciens ; elle y a pour gangues diverses substances terreuses ou acidifères, telles que le quartz, la chaux fluatée, etc., etc. ; on la trouve très-abondamment dans les terrains de transition, où elle accompagne le plomb sulfuré, le fer sulfuré, etc. ; enfin elle existe dans les argiles plastiques d'Auteuil, à côté du fer sulfuré, etc.

On ne doit pas être étonné de rencontrer le zinc dans ce gissement ; car on assure que la calamine a été trouvée à Passy, près Paris, disséminée entre les couches de chaux carbonatée grossière, qui appartiennent aux dernières formations du calcaire secondaire marin, supérieur aux argiles plastiques.

L'exposé que je viens de faire des substances qui se trouvent dans l'argile plastique d'Auteuil doit engager les minéralogistes à saisir toutes les circonstances qui se présenteront pour examiner avec soin cette localité, qui mérite toute leur attention par la variété des objets qu'elle renferme.

SUR *le Multiplicateur électro-magnétique de M.* Schweigger, *et sur quelques applications qu'on en a faites.*

PAR M. ŒRSTED.

IMMÉDIATEMENT après la découverte de l'électro-magnétisme, M. *Schweigger*, professeur à *Halle*, inventa un appareil très-propre à mettre en évidence, au moyen de l'aiguille aimantée, les courans électriques les plus faibles. L'effet de ce multiplicateur est fondé sur l'action égale qu'exercent sur l'aiguille aimantée toutes les parties d'un fil conducteur, lorsqu'il transmet un courant. Quand une partie de ce fil est courbe, comme l'est *abc* (fig. 1), si les deux branches *ab* et *bc* se trouvent dans un plan vertical, et qu'une aiguille aimantée *d e* soit convenablement suspendue dans le même plan, on conçoit facilement que l'aiguille doit recevoir une impulsion double de celle qu'une seule de ces branches lui aurait imprimée. En effet, les impulsions données à l'aiguille par les deux portions horizontales du fil s'ajoutent entre elles : il suffit pour s'en convaincre de remarquer que, dans la disposition actuelle, ces portions sont parcourues par le courant électrique en deux sens différens. Le fil supérieur et le fil inférieur ne dévient l'aiguille de deux côtés opposés que dans le cas où l'électricité s'y meut dans la même direction; on augmentera donc encore l'effet quand on fera faire au fil conducteur plusieurs circonvolutions autour de l'aiguille, comme on le voit dans la figure 2; c'est là ce qui constitue le multiplicateur électro-magnétique.

La figure 3 représente cet appareil d'après la forme que je lui ai donnée, laquelle cependant ne diffère de celle de M. Schweigger que dans des parties peu essentielles. *AA* est le pied de l'instrument; *CC*, *CC* sont deux montans qui portent un châssis *BB*, dans le bord duquel existe une rainure où se logent les tours successifs du fil multiplicateur. *DD* est un montant destiné à porter le fil auquel l'aimant doit être suspendu. Toutes ces parties sont en bois. *EE* est un fil de métal qui passe à frottement par un trou pratiqué dans la partie supérieure du montant *DD*. A ce fil métallique s'attache par un peu de cire le fil de cocon *EF*; celui-ci porte à son extrémité un petit triangle double de papier, sur lequel repose la petite aiguille aimantée. En *G* est un cylindre creux dans lequel passe librement le fil de suspension, et qui empêche le fil multiplicateur de le toucher.

On voit encore, au-dessous de l'aiguille aimantée, un cercle divisé pour mesurer les déviations. Le fil multiplicateur est de cuivre argenté; son épaisseur est d'un quart de millimètre. *Il est enveloppé dans toute sa longueur de fil de soie :* par là on empêche toute communication électrique entre les différentes parties de ce fil qui sont superposées dans la rainure du châssis *BB*. *H* et *J* représentent les deux extrémités du fil.

L'usage de cet appareil se conçoit presque sans explication. Pour multiplier l'effet qu'a sur l'aiguille un arrangement galvanique, on n'a qu'à établir les communications de manière que le fil multiplicateur devienne une partie du circuit. L'électricité développée par le contact de deux disques, l'un de zinc et l'autre

de cuivre, quand même on n'emploie que de l'eau pure pour conducteur liquide, est déjà très-appréciable avec cet appareil. On peut de la même manière rendre sensibles des actions galvaniques qui seraient trop faibles pour être aperçues en se servant d'une grenouille préparée.

Quand on veut mettre en évidence une action extrêmement faible qui donne une déviation à peine visible, il faut ouvrir le circuit immédiatement après l'avoir fermé, et le fermer ensuite de nouveau chaque fois que l'aiguille est sur le point de terminer le retour de l'oscillation précédente. On peut encore rendre l'appareil plus délicat en plaçant en *HH* une petite aiguille aimantée dans la situation nécessaire pour diminuer la force avec laquelle l'aiguille suspendue tend à conserver sa direction.

Lorsqu'on veut se servir du multiplicateur pour des actions électro-magnétiques un peu considérables, il faut avoir des fils conducteurs plus épais. Sans cette précaution, au lieu d'augmentation, on pourrait avoir diminution de l'effet, causée par l'imperfection du conducteur. M. Seebeck a fait sur cet objet des recherches très-satisfaisantes, dans son *Mémoire sur l'Électro-Magnétisme*, publié dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*.

M. Poggendorff, jeune savant distingué de Berlin, avait construit un multiplicateur électro-magnétique très-peu de temps après M. Schweigger, et s'en était servi pour de belles expériences. Le travail de M. Poggendorff ayant été cité dans un livre *sur l'Électro-Magnétisme* du célèbre M. Erman, publié très-peu de temps

après la découverte de ces phénomènes, a été connu de plusieurs savans avant celui de M. Schweigger; c'est ce qui a donné lieu aux noms différens que porte le même appareil.

M. Poggendorff a fait une application très-utile du multiplicateur à l'examen de l'ordre des conducteurs dans la série galvanique. On trouve son travail, qui embrasse un très-grand nombre de corps, dans le journal allemand, *Isis*, pour l'année 1821. M. Avogadro, en Italie, s'est servi depuis du même moyen, mais sans autant varier les expériences que son prédécesseur. Le Mémoire du savant Italien contient toutefois quelques observations qui méritent d'être connues.

Il a trouvé, par les indications du multiplicateur électro-magnétique, que quelques métaux donnent, à l'instant qu'on les plonge dans l'acide nitrique concentré, un effet contraire à celui qui se manifeste quelques momens après : ce changement n'a pas lieu dans l'acide nitrique délayé. Les couples métalliques qui ont fait voir cette propriété sont :

Plomb et bismuth,
Plomb et étain,
Fer et bismuth,
Cobalt et antimoine.

M. Avogadro dit que l'effet qui a lieu à l'instant de l'immersion des métaux dans l'acide concentré, est le même que celui qu'on obtient dans l'acide délayé, et que c'est seulement à la longue que l'effet contraire se manifeste. J'ai répété l'expérience avec le plomb et le bismuth; elle m'a paru exacte, excepté seulement en

cela qu'à la fin de l'expérience avec l'acide concentré, j'ai toujours eu l'effet que donne constamment l'acide délayé. J'ai encore trouvé que les barreaux de plomb et de bismuth, qui ont été plongés une fois dans de l'acide concentré, ne donnent, dans des expériences subséquentes avec le même acide, que l'effet constant de l'acide délayé, si on ne renouvelle pas leur surface avant de s'en servir. Ce renouvellement peut se faire non-seulement par des moyens mécaniques, mais aussi avec de l'acide nitrique délayé.

Il arrive souvent que les barreaux qui ont été dans de l'acide délayé, et qu'on n'a que légèrement essuyés, donnent, un instant, dans l'acide concentré, une déviation analogue à celle qu'on observe dans l'acide délayé: vraisemblablement par l'effet du liquide qui est resté sur leur surface ; puis ils donnent pendant quelques momens la déviation contraire, c'est-à-dire, la même qu'on observe quand on fait l'expérience avec des barreaux bien décapés : enfin, la déviation se remet dans le même sens où elle se serait manifestée si l'on s'était servi pour conducteur liquide de l'acide délayé.

Il est à remarquer que l'acide nitrique concentré attaque beaucoup plus fortement le bismuth que le plomb, et qu'au contraire l'acide délayé attaque très-fortement le plomb et presque pas le bismuth. Ainsi, il faut bien que le plomb se comporte comme le métal le plus positif dans l'acide délayé, et comme négatif dans l'acide concentré. Il reste seulement à expliquer pourquoi la déviation produite par l'acide concentré ne reste pas la même pendant toute l'expérience. Etant en voyage, je n'ai le temps ni de traiter à fond cette question ni d'examiner

les expériences analogues racontées par M. Avogadro; mais je serai, en tout cas, heureux d'avoir contribué à appeler l'attention des physiciens sur cette classe d'expériences également intéressantes pour la théorie des solutions et pour celle de l'excitation du courant électrique.

M. Avogadro cite encore le fait que l'arsenic se comporte envers l'antimoine comme métal positif dans l'acide nitrique concentré et comme négatif dans l'acide délayé. Ce phénomène paraît entièrement en rapport avec l'effet chimique qu'a l'acide sur les deux métaux, dans ses différens degrés de concentration.

Parmi les expériences qu'on peut faire avec le multiplicateur électro-magnétique, je citerai encore la suivante : si l'on plonge, à deux instans différens, deux morceaux d'*un même métal* dans un acide capable de les attaquer, celui des deux morceaux qui aura été plongé le premier se comportera envers l'autre comme le métal le plus positif. L'expérience se fait surtout très-bien avec deux lames de zinc et de l'acide sulfurique ou hydrochlorique délayé.

Il serait bien intéressant d'examiner les changemens électro-magnétiques qui ont lieu pendant toutes les périodes de l'action des acides et des alcalis sur les métaux, et rien ne présente plus de facilité pour cet objet que le multiplicateur que nous avons décrit dans cette Note.

Voici l'ordre que les expériences de MM. Avogadro et Michelotti avaient établi entre les différens métaux, relativement à l'électricité qu'ils prennent par le contact, ou

B. *Du Principe doux et des Acides volatils dissous dans l'eau.*

10. La dissolution de ces substances a été distillée; les acides se sont volatilisés avec la plus grande partie de l'eau, et le principe doux est resté dans la cornue, mêlé avec du bi-tartrate de potasse.

11. Le principe doux a été séparé du bitartrate au moyen de l'alcool; il pesait 11,85 p.

12. Les acides volatils étaient au nombre de trois : l'*acide butirique*, l'*acide caproïque* et l'*acide caprique.* (Ces acides seront examinés dans un autre Mémoire.)

ART. III. *De l'Analyse du beurre par l'alcool.*

13. Pour déterminer les rapports que les principes immédiats du beurre ont avec les espèces des corps gras que j'ai décrites dans mes précédentes recherches, je traitai 100 gr. de beurre par l'alcool. J'employais environ 1 litre d'alcool dans chaque traitement. Le premier lavage fut fait par digestion; les autres, à la température de 80 deg. Les trois premiers étaient acides; les autres ne l'étaient pas sensiblement. Je réunis les cinq premiers lavages, et je les distillai : l'huile qu'ils donnèrent sera examinée sous le titre d'*huile* n° 1. Quant à la substance grasse solide qui se déposa par le refroidissement, ce ne fut qu'à partir du quatrième lavage qu'il s'en sépara une quantité notable. Je continuai les lavages jusqu'à ce que tout le beurre eût été dissous, et que sa partie concrète se fût précipitée sous la forme de *petits cristaux*, qui seront étudiés sous le nom de *stéarine*. La stéarine qui se sépare des derniers lavages à

l'état liquide, et qui se solidifie ensuite, est plus fusible que celle qui se sépare à l'état de cristaux : la première se fond à 35$^{d.}$; la seconde, de 38$^{d.}$ à 39^{d}. L'huile séparée des derniers lavages, à partir du cinquième, sera examinée sous le titre d'*huile* n° 2. Quant au *liquide aqueux* des cinq premiers lavages, il le sera sous le titre de *liquide aqueux* n° 1, et le liquide aqueux des derniers lavages le sera sous le titre de *liquide aqueux* n° 2.

A. *Des Liquides aqueux* n° 1 et n° 2, *et de l'Alcool qui avait servi à l'analyse du beurre.*

14. Le liquide n° 1 avait une odeur légère de beurre frais; il rougissait le tournesol; il était formé d'*un principe colorant jaune*, d'*une substance huileuse colorée*, d'*acide butirique* et d'*un autre principe odorant* que je ne crois pas acide.

15. Le liquide n° 2 n'avait presque pas d'action sur le tournesol; il ne contenait qu'une trace d'acide butirique et de principe jaune.

16. L'alcool provenant de l'analyse du beurre retenait un peu d'acide butirique.

B. *De la Stéarine.*

17. Après l'avoir traitée plusieurs fois par l'alcool, on l'obtint dans un état tel, qu'un thermomètre qu'on y plongeait après l'avoir fondue à 50 deg. s'arrêtait à 42 deg. et remontait à 44 deg., quand elle se figeait.

18. Elle avait un aspect plus sensiblement cristallin que les stéarines des graisses de mouton, de bœuf et de porc.

19. 100 p. d'alcool d'une densité de 0,822 en ont dissous 1,45 p. La solution n'était pas acide; l'ayant

mêlée à l'eau, elle ne céda point d'acide butirique à ce liquide.

20. 100 p. de stéarine saponifiées par la potasse ont donné :

Acides gras fixes fusibles à 47^{d},5.........	94,5 ;
Principe doux..........................	7,2 ;
Acides volatils à l'état de sels barytiques...	0,3.

C. *De l'Huile n°* 1.

21. Elle était jaune; elle répandait l'odeur du beurre frais; sa saveur était douce; elle rougissait fortement le tournesol. A 10 deg. une partie se congelait, et le reste était encore liquide au-dessous de 6 deg.

22. 100 p. d'alcool d'une densité de 0,822, bouillant en ont dissous 283,42 p.; la solution n'était pas saturée. Cette solution ayant été étendue d'alcool, puis mêlée à l'eau, abandonna à ce liquide du *principe colorant jaune* et de l'*acide butirique.*

23. 100 p. d'huile n° 1 ont été saponifiées par la potasse : le savon décomposé par l'acide tartrique a donné :

1°. Acides gras fixes fusibles à $35^{d.}$, 84,9;

2°. Un liquide aqueux qui contenait du principe doux, et une quantité d'acides volatils représentée par 10,5 de sels barytiques.

D. *De l'Huile* n° 2.

24. Elle était légèrement colorée en jaune; elle n'était pas acide; elle avait une saveur douce et agréable; elle était moins fluide que l'huile n° 1.

25. 100 p. d'alcool d'une densité de 0,822, bouillant

ont dissous 20 p. d'huile n° 2. La solution n'était pas acide, et ne céda pas d'acide butirique à l'eau.

26. 100 p. d'huile n° 2 ont été saponifiées par la potasse : le savon, décomposé par l'acide tartrique, a donné :

1°. Acides gras fixes fusibles à 38d., 84,5;

2°. Un liquide aqueux qui contenait du principe doux, et une quantité d'acides volatils représentée par 8,55 de sels barytiques.

Art. 4. *Expériences qui prouvent que la partie fluide du beurre de vache est formée de deux corps gras fluides, la* butirine *et l'*oléïne.

27. Les propriétés de l'*huile* n° 1 et de l'*huile* n° 2 m'ayant fait penser qu'elles étaient formées de deux substances différentes, dont l'une était beaucoup plus soluble dans l'alcool que l'autre, je vérifiai cette idée par les expériences suivantes :

28. J'exposai à une température de 19 deg. du beurre (des environs de Paris) qui préalablement avait été séparé de son *lait de beurre*, puis fondu, filtré et refroidi lentement. Peu à peu il se divisa en une huile fluide et en une matière grenue qui était en partie formée de stéarine. Je décantai l'huile et je la filtrai : c'est dans cet état qu'elle a été examinée.

29. L'huile du beurre était jaune; elle avait une saveur douce et l'odeur du beurre chaud. Sa densité était de 0,922 : 100 p. d'alcool d'une densité de 0,821, bouillant en ont dissous 6 d'huile; la solution n'était pas acide au tournesol.

30. 88 gr. d'huile de beurre ont été mis en macération pendant vingt-quatre heures, à la température de

19$^{d.}$, avec 88 gr. d'alcool d'une densité de 0,796. L'alcool a été décanté et remplacé par 176 gr. d'alcool. Au bout de vingt-quatre heures, ce liquide a été décanté; le résidu a été chauffé avec 176 gr. d'alcool; il s'est précipité de l'huile par le refroidissement. Je vais examiner *l'huile de la première solution alcoolique* comparativement *avec l'huile qui s'est précipitée par le refroidissement de la dernière solution.*

Huile de la première solution alcoolique.

31. Elle rougissait légèrement le tournesol, et cette propriété avait acquis plus d'intensité par la distillation au moyen de laquelle on l'avait séparée de l'alcool qui la tenait en dissolution. L'acidité de cette huile était due, au moins en partie, à de l'acide butirique; car, l'ayant traitée par un lait de sous-carbonate de magnésie, je trouvai du butirate de cette base dans l'eau; après ce traitement, l'huile n'était plus acide et ne retenait pas d'ailleurs de magnésie en combinaison.

32. L'huile désacidifiée était soluble en toutes proportions dans l'alcool d'une densité de 0,822, bouillant.

33. 100 p. de cette huile se sont saponifiées très-promptement par la potasse et ont donné :

Principe doux d'une saveur douce......	15,22;
Acides gras fusibles à 32 deg.........	78,52;
Acides volatils à l'état de sels barytiques.	20.

Huile de la dernière solution alcoolique.

34. Elle était jaune et avait plutôt l'odeur de suif que celle du beurre; sa densité était de 0,920, après avoir

été exposée au contact de l'eau bouillante : elle n'était pas acide. 100 part. d'alcool bouillant d'une densité de 0,821 n'en ont dissous que 5,5 p.

35. 100 p. de cette huile se sont saponifiées moins promptement que l'huile précédente ; elles ont donné :

Principe doux....................	10 ;
Acides gras fusibles à 32d...........	90 ;
Acides volatils à l'état de sels barytiques.	8,6.

Conséquences.

36. Il est évident qu'il existe au moins deux substances fluides dans l'huile du beurre :

1°. L'une, qui est soluble en toutes proportions dans l'alcool froid, qui n'est point acide, qui donne, par la saponification du principe doux, des acides butirique, caproïque, caprique, margarique et oléique. Je lui donne le nom de *butirine* parce que c'est elle qui contient l'acide butirique (ou ses élémens) auquel le beurre doit son odeur ;

2°. L'autre, qui a les propriétés de l'*oléine*.

37. L'huile de la première solution alcoolique était formée de butirine et d'une petite quantité d'oléine ; l'huile qui s'était déposée de la dernière solution alcoolique était formée d'oléine et d'une petite quantité de butirine. Je ne doute pas que si j'eusse soumis la première huile à l'action de l'alcool faible à froid, je n'en eusse séparé de l'oléine ; de même qu'en soumettant l'huile obtenue en dernier lieu à de nouveaux traitemens, je l'eusse privée d'une portion de butirine.

Réflexions.

38. Cette analyse est intéressante en ce qu'elle montre combien il serait facile de tirer d'expériences sur les composés organiques des conséquences qui seraient contraires en apparence à la doctrine des proportions définies. Par exemple, dans l'examen que l'on ferait d'huiles extraites de différentes sortes de beurre, si on se bornait à comparer ces huiles entr'elles, 1°. relativement à la proportion respective des différens produits de leur saponification ; 2°. relativement aux proportions d'oxigène, de carbone et d'hydrogène qui les constituent *médiatement*, ne serait-on pas conduit à croire que la composition élémentaire de l'huile du beurre n'est assujettie à aucune proportion fixe ? tandis qu'en suivant notre marche d'analyse, on arrive à expliquer ces résultats par l'union en proportions indéfinies de principes qui sont chacun assujettis à des proportions fixes d'élémens.

39. En traitant des huiles de dauphin et de marsouin par l'alcool de la même manière que l'huile du beurre, je les ai réduites en des proportions très-différentes, 1°. d'*oléine ;* 2°. d'une substance que je nomme *phocénine*, qui est analogue à la butirine, mais qui s'en distingue en ce qu'au lieu de donner comme celle-ci trois acides volatils, elle n'en donne qu'un seul que je nomme *acide phocénique.* Dans un premier travail, j'ai décrit cet acide sous le nom d'*acide delphinique.*

P. S. La découverte de la stéarine, de l'oléine, de l'acide butirique et d'un principe colorant dans le beurre fut annoncée à l'Institut le 19 septembre 1814.

Sur *quelques nouvelles Expériences thermo-électriques faites par M. le Baron* Fourier *et M.* Oersted.

(Notice lue à l'Académie des Sciences par M. Oersted.)

J'ai eu l'honneur de faire voir à cette illustre assemblée les expériences remarquables par lesquelles M. Seebeck a prouvé qu'on peut établir un courant électrique dans un circuit exclusivement formé de conducteurs solides, en y troublant seulement l'équilibre de température. (Voyez *Annales*, tome XXII, page 199.) Nous sommes donc en possession d'un nouveau genre de circuits électriques, qu'on peut appeler *circuits thermo-électriques*, en les distinguant ainsi des circuits galvaniques, qu'il serait désormais convenable d'appeler *hydro-électriques*. Il se présente à ce sujet une question qui intéresse l'électro-magnétisme, aussi-bien que la théorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides : il s'agit d'examiner si les effets thermo-électriques peuvent être agrandis par la répétition alternative de barreaux de diverses matières, et comment il faut procéder pour obtenir de tels effets. Il ne paraît pas que l'auteur de la découverte du circuit thermo-électrique ait encore dirigé ses recherches vers ce point. Nous nous sommes réunis, M. le baron Fourier et moi, pour l'examiner par la voie de l'expérience.

L'appareil dont nous nous sommes d'abord servis est composé de trois barreaux de bismuth et de trois autres d'antimoine, soudés alternativement ensemble ; en sorte qu'ils forment un hexagone et constituent un circuit

thermo-électrique complexe, renfermant trois élémens. La longueur des barreaux est d'environ 12 centimètres, leur largeur de 15 millimètres, et leur épaisseur de 4 millimètres. Nous mettons ce circuit sur deux supports et dans une position horizontale, en observant de donner à un des côtés de l'hexagone la direction de l'aiguille aimantée : nous plaçons ensuite une boussole, aussi près que possible, au-dessous de ce côté.

En échauffant une des soudures à l'aide de la flamme d'une bougie, nous produisons déjà un effet bien sensible sur l'aiguille. En échauffant deux soudures, qui ne soient pas voisines, on voit la déviation augmenter considérablement. Lorsqu'enfin on élève la température des trois soudures alternatives, on parvient à un effet plus grand encore.

Nous nous sommes aussi servis d'un procédé inverse, c'est-à-dire, que nous avons réduit à zéro, par de la glace fondante, la température d'une ou de plusieurs soudures du circuit. On conçoit facilement qu'alors les soudures qui ne sont pas refroidies doivent être considérées comme échauffées par rapport aux autres. Cette manière d'opérer permet de rendre les différentes expériences comparables : sans cela on ne pourrait pas découvrir les lois de ce genre de phénomènes.

En combinant l'action de la glace avec celle de la flamme, c'est-à-dire, en échauffant les trois soudures qui n'étaient pas refroidies, nous sommes parvenus à un effet très-considérable : la déviation de l'aiguille monta alors jusqu'à 60 degrés.

Nous avons plus tard continué ces expériences avec un appareil composé de 22 barreaux de bismuth et de

22 d'antimoine, beaucoup plus épais que ceux de l'hexagone : nous nous sommes ainsi convaincus que chaque élément contribue à l'effet total.

Ayant ouvert le circuit dans un point, nous avons fait souder aux barreaux séparés, de petites coupes de laiton qui ensuite ont été remplies de mercure, afin de pouvoir établir à volonté, entre leurs extrémités, une communication sûre à l'aide de fils métalliques. Un fil de cuivre d'un décimètre de longueur et d'un millimètre d'épaisseur, était presque suffisant pour rétablir la communication entière : avec deux fils semblables placés l'un à côté de l'autre, la communication était parfaite. Un fil de même diamètre, mais de plus d'un mètre de longueur, transmettait encore assez bien le courant; tandis qu'un fil de platine d'un demi-millimètre de diamètre et de 4 décimètres de longueur établissait si imparfaitement la communication, que la déviation de l'aiguille aimantée n'était pas même d'un degré. Quand le corps interposé était une languette de papier, mouillée d'une solution saturée de soude, on n'observait aucun effet appréciable.

Il est digne de remarque qu'un appareil capable de donner de si grands effets électro-magnétiques, ne produisait ni action chimique ni ignitions sensibles.

Nous pouvons encore ajouter, que l'effet du circuit électro-magnétique complexe, est beaucoup moindre que la somme des effets isolés que pouvaient produire les mêmes élémens employés à former des circuits simples.

Détails des expériences de la Note précédente, et observations ultérieures.

Les barreaux dont on s'est servi, dans les expériences suivantes, sont des parallélipipèdes qui ont pour section transversale un carré de 15 millimètres de côté.

1re *Expérience.*

Nous avons composé un circuit rectangulaire *abdc* (fig. 4). Une moitié *acd* était d'antimoine; l'autre *abd* de bismuth. Ces deux moitiés étaient soudées ensemble; on avait ainsi deux côtés contigus d'antimoine et deux côtés contigus de bismuth. La longueur du plus grand côté était de 12 centimètres; celle de l'autre 8.

Le circuit ayant été posé horizontalement sur des supports, avec deux de ses côtés dans la direction de l'aiguille aimantée, on a placé la boussole sur l'un d'entr'eux; ensuite on n'a plus touché à l'appareil pour lui laisser reprendre un équilibre de température qui avait pu être troublé par la main de l'observateur : ce n'est qu'après un certain temps qu'on a mis de la glace sur une des deux soudures qui joignent les métaux hétérogènes. La boussole a montré alors une déviation de 22 ou 23 degrés, la température de l'atmosphère étant de 14 degrés centigrades. A une température de 20 degrés, nous avons observé une déviation de 30 degrés; mais comme nous avions, au commencement, négligé de noter la température de l'atmosphère, nous n'établirons les comparaisons des résultats qu'entre des expériences faites, pour ainsi dire, en même temps.

2e *Expérience.*

On a formé un autre circuit (fig. 7) à-peu-près de la même largeur, mais dans lequel les côtés opposés étaient du même métal; par exemple : *ab* et *cd* de bismuth, *ac* et *bd* d'antimoine; on a mis l'appareil en action en plaçant de la glace sur deux angles opposés : ce circuit produisait une déviation de 30 à 31 degrés, dans les mêmes circonstances où le circuit simple ne donnait que 22 à 23 degrés. La température dans ce circuit se met très-vite en équilibre, de manière que l'effet thermo-électrique y paraît plus faible qu'il ne l'aurait été sans cette circonstance.

3e *Expérience.*

Un circuit *ABDC* (fig. 5), dont le contour avait une longueur double de celle du circuit de la première expérience, fut mis en action par de la glace placée sur une de ses soudures. La déviation ne fut que de 13 à 15 degrés, sous les mêmes circonstances où le circuit (fig. 4) donna 22 à 23 degrés.

4e *Expérience.*

On forma un autre circuit (fig. 6) de la même longueur que celui de l'expérience précédente; mais on lui donna quatre alternatives ou quatre élémens thermo-électriques *ab*; *a* désigne l'antimoine, *b* le bismuth. Ce circuit fut mis en action par de la glace placée sur les soudures de deux en deux. La déviation de l'aiguille aimantée fut alors de $31°\frac{3}{4}$, sous les mêmes circonstances où le circuit simple, de longueur égale, de la troisième expérience, ne produisit qu'une déviation de 13 à 15 de-

grés ; mais il faut se rappeler que le circuit de la deuxième expérience (fig. 7), qui n'avait que la moitié de longueur en circonférence, et la moitié du nombre d'élémens donna à-peu-près le même effet. On voit ainsi, et ce résultat sera confirmé par les expériences ultérieures, que les déviations de l'aiguille produites par le circuit thermo-électrique, augmentent avec le nombre des élémens quand la longueur du circuit reste la même, mais qu'elles deviennent plus faibles à mesure que la longueur augmente. On voit de plus, et ceci deviendra encore plus évident dans la suite, que ces deux effets se balancent : en sorte que l'effet d'un circuit ne change pas, lorsque la longueur de la circonférence augmente dans la même proportion que le nombre des élémens, ou, en d'autres termes, que des élémens de longueur égale, forment des circuits qui produisent des déviations égales, quel que soit le nombre de ces élémens. Nous avons confirmé ces résultats, en comparant les effets de circuits d'un, de deux, de trois, de quatre, de six, de treize et de vingt-deux élémens.

Pour former des circuits complexes capables de produire un très-grand effet sur l'aiguille aimantée, on sera obligé de se servir d'élémens très-courts ; il en résultera, il est vrai, l'inconvénient que l'équilibre de température se rétablira rapidement dans le circuit, à moins qu'on ne mette les soudures alternatives, les unes en communication avec une source continuelle de chaleur, les autres en communication avec une source continuelle de froid. Il existe un effet du circuit thermo-électrique complexe, qui n'est pas ainsi borné par la longueur de la circonférence ; mais, avant d'en parler, nous ferons

voir quel est le mode d'action des différens élémens de l'appareil complexe.

5e *Expérience.*

Nous avons examiné les effets d'un circuit complexe, en refroidissant d'abord une, ensuite deux, puis trois, etc. des soudures qui devaient être mises en activité ; et, par plusieurs expériences ; nous avons trouvé les nombres moyens suivans :

Dans un circuit de deux élémens, la première soudure, étant seule refroidie, a donné une déviation de. 21° ;
Les deux ensemble .... 32° $\frac{1}{2}$.

Dans un circuit de trois élémens, le refroidissement d'une seule soudure a donné une déviation de .... 15° $\frac{5}{8}$;
Les deux premières........................ 25° $\frac{7}{8}$;
Les trois ensemble .... 31°.

Dans un circuit de quatre élémens, la glace sur une soudure donna une déviation de........ 13° $\frac{1}{4}$;
deux soudures .... 19° ;
trois .... 25° ;
quatre.................................... 31° $\frac{3}{4}$.

Dans un circuit de six élémens, une soudure a donné une déviation de.................. 9° ;
Les deux premières........................ 13° $\frac{3}{4}$;
Les trois premières........................ 18° $\frac{1}{2}$;
Les quatre premières....................... 22° ;
Les cinq premières......................... 25° $\frac{2}{3}$;
Les six ensemble. .... 28° $\frac{2}{3}$.

On voit que la déviation que produit la première soudure refroidie, est représentée d'une manière assez approchée, par le double du quotient obtenu en divisant par le nombre des élémens plus un, la déviation totale que produit le circuit quand tous ses élémens sont mis en activité. On voit aussi que les autres nombres s'approchent beaucoup de la valeur du quotient simple; mais cependant ils paraissent former une série décroissante.

Nous parlons ici toujours des déviations mesurées par les angles, et non pas de la grandeur réelle des effets. S'il ne fallait pas avoir égard aux différentes distances de tous les points qui agissent l'un sur l'autre dans les diverses positions de l'aiguille, et peut-être même à la situation réciproque plus ou moins oblique des tranches du conducteur et de l'aiguille, on pourrait représenter les effets par les tangentes des déviations. Il est toutefois remarquable que les expériences que nous avons faites donnent un rapport si constant entre les déviations. Si ces expériences étaient susceptibles de plus d'exactitude, on pourrait sans doute parvenir à en tirer des conséquences intéressantes pour la théorie.

6e *Expérience*.

On peut rendre sensible l'action thermo-électrique par le moyen du multiplicateur électro-magnétique. Pour obtenir cet effet, on combine une pièce *a* (fig. 8) de l'un des deux métaux avec deux pièces *b* de l'autre : cet arrangement constitue un circuit rompu dont les deux extrémités sont du même métal.

Après avoir mis de la glace sur une des soudures, on établit la communication entre les deux pièces *b*, au

moyen du fil du multiplicateur. L'effet est appréciable sur l'aiguille de l'instrument, mais cependant il est très-faible : plus faible, par exemple, que l'effet d'une pièce de cuivre et d'argent avec de l'eau pour conducteur liquide. On rend l'effet plus sensible en communiquant à l'aiguille une nouvelle impulsion à la fin de chaque oscillation rétrograde résultant de l'impulsion précédente.

La faiblesse extraordinaire de cette action est très-remarquable. On voit, par ce résultat, que les mêmes élémens thermo-électriques, qui produisent un grand effet sur l'aiguille aimantée de la boussole quand la communication s'établit par un conducteur court et épais, n'agissent que très-peu, même sur une aiguille supportée par un fil et conséquemment très-sensible, quand la communication se fait à l'aide d'un conducteur d'une longueur considérable et mince. Un courant hydro-électrique excité par une pièce de zinc et une d'argent, avec de l'eau pour conducteur liquide, produit sur l'aiguille du multiplicateur un effet peut-être cent fois plus grand que le courant thermo-électrique; et néanmoins l'effet qu'a le premier sur l'aiguille de la boussole est presque insensible, même quand on établit la communication entre les élémens par les meilleurs conducteurs, tandis que le second imprime à l'aiguille des déviations considérables. Ceci nous fait connaître une propriété du courant thermo-électrique bien importante, qu'on aurait pu, à la vérité, prévoir par la théorie, mais qui n'en est pas moins digne d'attention; elle consiste en cela, que le circuit thermo-électrique contient les forces électriques en quantité beaucoup plus

grande qu'aucun circuit hydro-électrique de grandeur égale ; tandis que, au contraire, l'intensité des forces dans ce dernier circuit est beaucoup plus forte que dans l'autre.

Depuis les premières expériences électro-magnétiques, on a bien vu que la déviation de l'aiguille, produite par le courant électrique, se réglait d'après la quantité des forces électriques, et non pas d'après leur intensité (action électro-métrique). Ainsi, la déviation considérable que produit le courant thermo-électrique est un indice de la grande quantité de forces qu'il contient. D'autre part, il est bien reconnu qu'un courant électrique pénètre d'autant plus facilement les conducteurs qu'il est plus intense. Le courant hydro-électrique, qui se transmet plus facilement à travers le fil du multiplicateur que ne le fait le courant thermo-électrique, doit donc aussi être plus intense. La plus grande quantité de forces électriques qu'il faut reconnaître dans le courant thermo-électrique ne portera pas d'atteinte à ce raisonnement ; car il est bien évident que, dans le cas où un courant *A* d'une intensité égale à celle d'un autre courant *B*, mais d'une quantité plus grande, est présenté à un conducteur qui suffit seulement pour transmettre la quantité de *B*, ce conducteur doit être capable de transmettre une partie du courant *A* égale au courant *B*; et si nous supposons à *A* une intensité plus forte que celle de *B*, la transmission de celui-là sera encore plus abondante.

7e *Expérience.*

Nous avons essayé l'effet du circuit complexe sur l'aiguille du multiplicateur, et nous avons trouvé qu'il

augmentait considérablement avec le nombre des élémens du circuit, même dans les cas où cette multiplication des élémens n'ajoutait rien à l'effet sur la boussole. Nous avons déduit ce résultat d'expériences faites avec six, avec treize et avec vingt-deux élémens. Il paraît donc que l'intensité des forces s'accroît dans le circuit avec le nombre de ses élémens, précisément comme cela a lieu dans la pile de Volta. Le circuit n'a pas eu d'effet sensible sur la boussole lorsque la communication a été établie par le fil multiplicateur.

8ᵉ *Expérience.*

Un fil de platine de $\frac{1}{10}$ de millimètre de diamètre n'a pas été mis en ignition par un circuit thermo-électrique de 13 élémens, assez intense cependant pour faire dévier la boussole de 28 degrés. Un circuit hydro-électrique capable de produire un effet pareil sur la boussole suffit parfaitement pour rougir le même fil.

Cette différence est due à la trop faible transmission du courant thermo-électrique par le fil de platine. En établissant la communication à l'aide de ce fil, l'aiguille de la boussole ne montra que 2 ou 3 degrés de déviation. Un fil de fer de $\frac{1}{5}$ de millimètre ne fut pas non plus mis en ignition. La communication établie par ce fil produisit bien une déviation plus grande que le fil de platine, mais elle monta seulement à 5 degrés. On doit présumer qu'un circuit thermo-électrique de plusieurs centaines d'élémens produira un courant assez intense pour mettre en ignition un fil métallique.

9e Expérience.

Nous n'avons pu produire aucune action chimique bien sensible par le circuit thermo-électrique. Les liquides qui ont la plus forte faculté conductrice ont résisté à son action : par exemple, l'acide nitrique, la solution de soude, plusieurs solutions métalliques. Nous rapporterons seulement une de ces expériences, qui, dans plusieurs essais, a paru donner quelque effet chimique.

Nous avons mis entre deux pièces de 5 francs parfaitement neuves et de la même année, une lame de papier joseph, imbibée d'une solution de sulfate de de cuivre. On a eu la précaution de mettre les deux pièces de monnaie en contact avec le papier, par les côtés qui portent la même empreinte, et on a fait passer le courant thermo-électrique par les deux pièces de métal et le papier mouillé. Après un quart d'heure, il y a eu quelques points de l'argent qui avaient une teinte très-faible de cuivre; mais, comme la trace de précipitation métallique ne résistait pas à un lavage accompagné d'un frottement faible, nous sommes disposés à considérer cette expérience comme trop douteuse. Dans le temps que les deux pièces d'argent avec le papier faisaient partie du circuit, il ne montra pas le moindre effet sur la boussole; en sorte que cette mince feuille de papier mouillé interrompit, pour ainsi dire, entièrement le courant thermo-électrique. Dans un état de si parfait isolement, on ne devait pas non plus espérer d'effet chimique sensible. D'après la faible intensité indiquée par le multiplicateur, on a lieu de penser qu'il faut un

circuit thermo-électrique de plusieurs centaines d'élémens, pour pénétrer aussi-bien un liquide que le fait l'électricité d'une pile de Volta de quatre ou cinq élémens; mais il est vraisemblable qu'un tel appareil produira des effets semblables à ceux qu'on pourrait attendre de piles hydro-électriques, dont les élémens métalliques auraient une largeur énorme.

10ᵉ *Expérience.*

L'action sur le corps animal est une des plus remarquables de celles qu'exercent les courans électriques. Le circuit thermo-électrique ne nous a pas donné de saveur sensible lorsque nous l'avons fait agir sur la langue; mais sur une grenouille préparée il a produit l'effet de deux métaux fort peu différens. Ce résultat nous fait voir combien les nerfs d'une grenouille sont d'excellens conducteurs.

11ᵉ *Expérience.*

Un circuit thermo-électrique de treize élémens n'a fait voir aucun effet sur les électromètres les plus sensibles. Le condensateur de Volta ne nous a pas donné non plus de signes d'électricité indubitables; mais nous avouons n'avoir pas répété cette expérience autant qu'elle le mérite.

12ᵉ *Expérience.*

Les expériences que nous avons indiquées font déjà assez voir combien la faculté conductrice des corps est faible relativement au courant thermo-électrique. L'expérience suivante reproduit sous d'autres formes le même résultat.

On a disposé le grand circuit, qui est un rectangle presque quatre fois plus long que large, de telle manière que les deux côtés les plus courts fussent parallèles à l'aiguille aimantée. On a placé la boussole sur l'un de ces côtés, et on a mis en activité les élémens adjacens. Après avoir observé la déviation de l'aiguille, on a établi, au moyen d'un fil de cuivre, la communication entre les parties actives du circuit les plus éloignées de la boussole en sorte que toutes les parties actives formassent un circuit à part. Après cette diminution de la circonférence du circuit, l'aiguille a indiqué une action plus forte. Cet effet n'aurait pas pu cependant être sensible si la transmission du courant thermo-électrique n'eût été tellement difficile dans le métal même, qu'une différence de chemin de deux ou trois pieds amenait un changement considérable. Il faut remarquer que le même fil de cuivre employé pour établir la communication, lorsqu'on avait ouvert le circuit entier quelque part, faisait à peine le même effet que la jonction immédiate des parties séparées.

Lorsqu'on mit en activité la partie du circuit la plus éloignée de la boussole, et qu'on établit une communication semblable, la déviation de l'aiguille diminua. D'ailleurs cette difficulté de la transmission n'a rien qui doive nous surprendre ; car l'électricité excitée dans un circuit de conducteurs, par suite de leur contact, doit s'écouler à mesure qu'elle parvient à l'intensité nécessaire pour rompre l'obstacle que ces conducteurs lui opposent. Ainsi, cette électricité n'arrivera jamais à une intensité suffisante pour pénétrer avec une grande facilité le conducteur; mais elle constituera un courant aussitôt

que le circuit ne lui opposera plus l'obstacle d'une isolation très-considérable. Il est aussi facile de voir que la quantité de l'électricité développée par cette excitation continuelle qui a lieu dans les circuits doit être d'autant plus grande que le circuit est plus parfait conducteur. Ainsi, le circuit thermo-électrique donnera une quantité d'électricité incomparablement plus grande que celle qu'on pouvait tirer d'aucun autre appareil qu'on ait inventé jusqu'à notre temps. Si à l'aide des anciens circuits on a décomposé successivement l'eau, les acides et les alcalis, il n'est pas hors des limites de la vraisemblance qu'on parviendra, par le nouveau, à décomposer les métaux mêmes, et à compléter ainsi le grand changement qu'a commencé dans la chimie la pile de Volta.

EXTRAIT *d'une Lettre de M.* Ampère *à M.* Faraday.

Paris, 18 avril 1823.

MONSIEUR,

LE temps m'ayant manqué pour répondre à la dernière lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire avec autant de détail que j'aurais voulu le faire, je me bornerai, dans celle ci, à tirer des lois que j'ai données pour déterminer toutes les circonstances des phénomènes produits par l'action électro-dynamique, trois conséquences qui ont été vérifiées par des expériences dont il était, en partant de ces lois, facile de prévoir les résultats. Ces résultats, quoiqu'ils soient réellement de nouvelles preuves de ma théorie, pourraient, au premier coup-d'œil, lui

paraître opposés ; c'est pourquoi j'ai cru devoir commencer par les en déduire.

La première de ces conséquences est relative à un cas de rotation d'un aimant flottant que vous avez obtenu, et que m'a communiqué M. Hachette.

Si j'ai bien conçu cette intéressante expérience, un fil conducteur *LOM* (fig. 9), plié en fer à cheval et mobile autour de la verticale *KO*, communique, par son milieu *O*, avec une des extrémités de la pile que je supposerai l'extrémité positive pour fixer les idées ; il plonge en *L*, *M*, dans le mercure que contient le vase *CDEF*; dans la même verticale *KO* se trouve l'axe d'un aimant flottant *AB*, chargé en *B* d'un poids de platine *BT* destiné à maintenir cet aimant dans une situation verticale.

Les choses ainsi disposées, voyons d'abord ce qui doit arriver d'après ma théorie : un des faits généraux les plus importans sur lesquels elle repose, et qui m'a suggéré l'expérience et les calculs d'après lesquels j'ai déterminé, dans le Mémoire que j'ai lu à l'Académie des Sciences, le 10 juin 1822, ce qui restait d'indéterminé dans la formule par laquelle j'ai représenté l'action qu'exercent l'une sur l'autre deux portions infiniment petites de courans électriques, fait que j'avais déjà annoncé dans la Note que je lus dans la séance publique du 8 avril de la même année, consiste en ce que l'action mutuelle de deux circuits fermés ne peut imprimer à l'un de ces circuits un mouvement de rotation continue, toujours dans le même sens, et qu'ainsi celle de deux assemblages de circuits fermés de quelque manière qu'ils soient disposés, ne peut jamais produire cette sorte de mouve-

ment. Il ne peut en résulter, dans l'un d'eux, qu'une tendance à prendre une position fixe lorsqu'on le suppose mobile, d'où il suit que si un tel assemblage ne peut que tourner autour d'un axe et que les circuits dont il se compose soient situés symétriquement des deux côtés de cet axe, il n'éprouvera absolument aucune action de la part d'un circuit fermé ou d'un assemblage de circuits fermés. C'est le cas d'un aimant assujetti à ne pouvoir que tourner autour de son axe, lorsqu'on le considère comme devant ses propriétés à des courans électriques, et c'est pourquoi on ne peut d'aucune manière lui imprimer un mouvement autour de son axe par l'action d'autres aimans.

Il semble même, au premier coup-d'œil, à cause de la disposition symétrique de tous les courans d'un aimant relativement à son axe, qu'il est également impossible de le faire tourner autour de cet axe par l'action d'un conducteur voltaïque, puisque les courans de la pile agissent, d'après mes premières expériences, comme ceux des fils conducteurs, et que la pile, réunie à tout le reste du courant électrique qu'elle produit, compose toujours un circuit complètement fermé. C'est en effet ce qui a lieu tant qu'aucune partie de ce dernier circuit ne traverse l'aimant ou n'est liée invariablement avec lui; nous verrons tout-à-l'heure pourquoi le mouvement de rotation continue, autour de l'axe même de l'aimant, devient possible dans cette dernière circonstance; il faut auparavant examiner toutes les actions qui s'exercent dans l'appareil que j'ai représenté (fig. 9) lorsque l'aimant *AB* n'est lié à aucune partie du circuit voltaïque composé du conducteur mobile *LOM*, du mercure contenu dans

le vase *CDEF*, des deux rhéophores *RP*, *SN* (1) et de la pile *PN*.

Puisque le courant voltaïque va en s'approchant de ceux de l'aimant dans les branches *OL*, *OM*, elles tendront à tourner autour de lui dans le sens opposé à la direction de ces derniers, et il en résulte une réaction sur l'aimant tendant à le faire tourner avec une force égale en sens contraire, c'est-à-dire, dans le sens de ses propres courans; les courans qui des points *L*, *M* passent dans le mercure, vont au contraire en s'éloignant de ceux de l'aimant : leur action tend donc à faire tourner le mercure autour de lui dans le sens de ses courans, conformément à l'expérience de Sir H. Davy relative à la rotation du mercure, et il en résulte une réaction sur l'aimant qui tend à le faire tourner en sens contraire; enfin, le reste du courant électrique contenu dans les rhéophores et la pile agit pour faire tourner l'aimant avec une force égale à la différence des deux actions du fer à cheval *LOM* et du mercure, puisque l'action totale de tout le circuit voltaïque doit être nulle; le tout conformément à une loi générale de la manière d'agir des conducteurs, que vous pouvez voir énoncée dans les premières lignes de la page 161 de mon *Recueil d'observations électro-dynamiques* (2).

(1) Je nomme ainsi les deux fils de cuivre soudés aux deux extrémités de la pile, et qui servent à *porter le courant électrique* dans les appareils destinés à observer l'action mutuelle des diverses portions de ce courant, et celle qui s'exerce entr'elles et le globe terrestre ou un aimant.

(2) Cette loi est aussi énoncée dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome XVIII, page 373.

Il suit de là que quand rien ne s'oppose à la rotation du fer à cheval *LOM*, il tourne en sens contraire des courans de l'aimant *AB*, que si l'action est assez forte pour vaincre l'inertie du mercure et les frottemens, le mercure tourne aussi, mais dans le sens de ces courans, tandis qu'il ne peut y avoir aucune action pour faire tourner l'aimant, tant qu'on ne le lie à aucune partie du circuit.

Mais si l'on vient, comme dans votre dernière expérience, à lier l'aimant à la partie mobile *LOM*, ou qu'on y fasse passer une portion du courant, comme dans l'expérience où j'ai obtenu, dans le temps, la rotation continue d'un aimant autour de son axe, alors toute action mutuelle entre les élémens d'un système de forme invariable ne pouvant lui imprimer aucun mouvement, ce sera comme si l'on avait supprimé du circuit total la portion de ce circuit qui fait corps avec l'aimant; et comme c'était l'action de cette portion qui faisait équilibre à l'action égale et opposée du reste du circuit, celle-ci aura tout son effet et l'aimant tournera en vertu de cette dernière action. Quant au mercure contenu dans le vase *CDEF*, sa tendance à tourner sera la même dans les deux cas, et elle aura ou n'aura pas son effet, suivant que cette force sera ou ne sera pas suffisante pour vaincre les résistances qui s'opposent à la rotation du mercure. Il est aisé de voir que tout, dans cette expérience, se passe comme dans celle de M. Savary, qui est décrite dans mon *Recueil*, pages 243, 244, et dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome xx, pages 66 et 67 : le mercure y est seulement remplacé par de l'eau acidulée, et l'aimant par une spirale électro-dynamique qui doit, d'après ma théorie, agir précisément comme lui. Il

est à remarquer que l'action du reste du circuit, qui produit alors la rotation de l'aimant, étant égale et opposée à celle que *LOM* exerçait sur lui avant qu'on les liât, et celle-ci étant aussi égale et opposée à l'action qu'exerçait en même temps l'aimant pour faire tourner *LOM*, la force qui tend à faire tourner, dans le premier cas, l'aimant et le fer à cheval réunis est de même intensité et de même signe que celle qui tend à faire tourner, dans le second, le fer à cheval seulement; mais le mouvement de rotation doit parvenir plus lentement à l'état uniforme lorsque l'aimant et le fer à cheval sont liés ensemble, parce que la masse à mouvoir est augmentée de toute celle de l'aimant, et sa vitesse doit même rester toujours un peu moindre à cause du frottement entre le mercure et la surface de l'aimant. Il est aisé de voir que cette sorte de mouvement n'aurait pas lieu dans le cas où la portion mobile du circuit voltaïque qu'on lie avec l'aimant, où la portion du courant de ce circuit qui passe par l'aimant dans l'appareil à l'aide duquel j'ai obtenu le mouvement de rotation continue, avait ces deux extrémités dans l'axe, puisqu'il n'y a point d'action entre un aimant et un courant électrique terminé de part et d'autre à l'axe de cet aimant. On voit aisément, à l'aide du calcul, que la force qui produit ce mouvement est à son *maximum* quand la distance des points *L* et *M* diffère peu du diamètre de l'aimant. La seconde conséquence de ma théorie, sur laquelle j'ai desiré d'appeler votre attention, consiste en ce qu'un aimant *AB* (fig. 10), qui a l'un de ses poles dans l'axe de rotation *KO* du fer à cheval *LOM*, tend à le faire tourner dans le même

sens, soit qu'il soit placé horizontalement comme en *AB*, verticalement comme en *AB'*, ou dans une situation inclinée comme en *AB''*. Non-seulement il est bien aisé de voir que cela est une suite nécessaire de ma manière d'expliquer les propriétés des aimans, mais M. Savary a en outre, dans un Mémoire sur l'application du calcul aux phénomènes électro-dynamiques qui sera bientôt publié, déduit directement ce résultat de la formule par laquelle j'ai représenté l'action mutuelle de deux élémens de conducteurs voltaïques. On ne doit donc pas le regarder, avec un savant physicien anglais, comme une objection contre mon opinion; mais, au contraire, comme une nouvelle preuve en sa faveur.

Les calculs de M. Savary, ainsi que vous l'avez pu voir dans mon *Recueil*, pages 349 et 350, conduisent aussi à ce résultat remarquable, que quand l'aimant est assez long pour qu'on puisse en regarder la longueur comme infinie relativement à la partie mobile *LOM* du conducteur, son action, pour la faire tourner autour de la verticale *KO*, dans laquelle se trouve le pole de l'aimant qui en est le plus près, doit toujours rester la même, quelle que soit la direction de l'aimant.

La troisième conséquence est relative à la manière dont un fil de fer ou plutôt d'acier *AB* (fig. 11) roulé en hélice doit s'aimanter par l'action d'un courant *CD* qui parcourt un conducteur rectiligne indéfini *CD*, parallèle à l'axe de l'hélice, d'après ma manière d'expliquer les phénomènes que présentent les aimans. Si l'on considère sur chacune des spires du fil d'acier les deux points *P*, *Q*, où la surface cylindrique qu'elles forment est touchée par deux plans passant par *CD* et tangens à cette surface, la moitié

PMQ d'une spire comprise entre ces deux points du côté du conducteur s'aimantera, comme on le voit dans la figure, de manière que son pole austral sera en *P* et son pole boréal en *Q*, tandis que la moitié *QNP'* de la même spire qui est comprise entre les points *Q* et *P* du côté opposé au conducteur *CD* s'aimantera de manière que son pole boréal sera en *Q* et son pole austral en *P'*; en sorte que le long des deux côtés du cylindre où sa surface est touchée par les deux plans tangens dont j'ai parlé tout-à-l'heure, il y aura en *P*, *P'*, *P''*, etc., une suite de points conséquens ayant les propriétés du pole austral d'un aimant, et en *Q*, *Q'*, *Q''*, etc., une suite de points conséquens ayant les propriétés d'un pole boréal; tandis que si le conducteur passait dans l'intérieur de l'hélice de fil d'acier, tous les points de ce fil devraient être aimantés dans le même sens, sans points conséquens, et avec un pole austral en *A* et un pole boréal en *B*.

Dans ce dernier cas, il n'y a de poles qu'aux extrémités de l'hélice en fil d'acier, et cependant elle présente des propriétés différentes de celles des aimans; ce qui vient de ce que les petits courans électriques d'une pareille hélice sont, d'après ma théorie, dans des plans qui passent presque par son axe, et que ceux d'un aimant sont, comme les spires de l'hélice formée avec un fil conducteur, dans des plans sensiblement perpendiculaires à son axe; c'est pourquoi cette dernière hélice agit précisément comme un aimant, tandis que celle d'un fil d'acier aimanté comme je viens de le dire, agit d'une manière différente qui ressemble, à certains égards, à celle que j'ai découverte entre les courans électriques

rectilignes des conducteurs voltaïques, auxquels les auteurs de théories opposées à la mienne ont voulu les assimiler. Mais cette analogie ne se soutient pas lorsque l'on compare avec plus de soin ces hélices et ces conducteurs ; on peut même dire qu'il y a opposition complète entre leur manière d'agir à l'égard du mouvement de rotation continue que la physique doit à vos belles expériences, puisqu'on l'obtient par l'action mutuelle de deux conducteurs voltaïques convenablement disposés, et qu'on ne peut jamais l'obtenir avec des hélices de fil d'acier aimantées comme je viens de le dire. L'action de ces hélices est en tous points telle qu'elle doit être d'après ma théorie. Il me semble qu'il suffirait d'examiner avec l'attention convenable la manière dont cette théorie rend raison des phénomènes qu'on observe lorsqu'on fait agir les uns sur les autres les conducteurs voltaïques rectilignes ou circulaires, les hélices formées avec ces conducteurs, les aimans et les hélices de fils d'acier aimantés par un conducteur voltaïque placé, 1°. au dedans de ces hélices, 2°. au dehors des mêmes hélices, pour qu'il ne restât plus de doute sur ce qu'elle exprime le véritable état des choses.

Vous me disiez avec grande raison, Monsieur, dans votre dernière lettre, que d'autres physiciens avaient proposé des théories différentes de la mienne qu'ils avaient annoncées comme devant rendre raison non-seulement des phénomènes déjà découverts, mais de ceux qu'on devait découvrir par la suite, et que cette prédiction de leur part ayant été complètement démentie, principalement par le fait du mouvement de rotation continue qui est en contradiction avec ces théories,

vous hésitiez à adopter la mienne, dans l'appréhension qu'il ne lui arrivât à son tour la même chose; en approuvant entièrement cette sage réserve de votre part, je vous prierai cependant de me permettre une observation qui me paraît de quelque importance. Il y a près de trois ans que j'ai conçu ma théorie : j'en ai publié tous les principes dans les conclusions du Mémoire que j'ai lu à l'Académie royale des Sciences, le 25 septembre 1820. Depuis, de nouveaux phénomènes que je ne pouvais prévoir ont été découverts par divers physiciens : bien loin de se trouver en opposition avec ma théorie, ils en ont tous offert de nouvelles preuves, ou plutôt des conséquences nécessaires qu'elle aurait pu prévoir d'avance. N'est-ce pas le cas de dire avec le philosophe de Rome : *Opinionum commenta delet dies, naturæ judicia confirmat.*

M. Seebeck vient de produire le courant électrique par l'influence de la différence de température des points de contact entre deux sortes de métaux dont on forme un circuit fermé. M. Œrsted, qui est actuellement à Paris, vient de communiquer à notre Académie des expériences où il a agrandi considérablement le domaine de ces expériences, en multipliant le nombre des contacts entre l'antimoine et le bismuth, et les alternatives de chaud et de froid dans ces contacts. Il a trouvé : 1°. que dans cette pile, qu'il a nommée *thermo-électrique*, la tension est extrêmement faible; en sorte que le courant ne s'établit que parce que la conductibilité d'un circuit tout métallique est très-grande; 2°. qu'à cause de cette faiblesse de la tension électrique produite par ce moyen, on n'observe pas d'élévation sensible de tempé-

rature, même dans les fils conducteurs les plus fins; 3°. que l'intensité du courant dans des circuits de même étendue croît, à la vérité, avec le nombre des contacts des deux métaux, tenus alternativement à deux températures différentes, mais qu'elle diminue pour un même nombre de ces contacts à mesure que le circuit devient plus long, précisément en raison inverse de sa longueur. Ces faits relatifs à un nouveau moyen de développer l'électricité semblaient devoir rester indépendans de ma théorie; et cependant combien n'y sont-ils pas favorables, 1°. en montrant, dans des circuits entièrement métalliques, comme je suppose ceux des particules des aimans, l'existence de courans électriques produits par une force électro-motrice très-faible, parce que la résistance opposée par un circuit tout métallique est aussi très-faible; 2°. en nous apprenant que les alternatives de chaud et de froid des contacts sont une cause du développement de l'électricité dynamique qui ne peut manquer d'avoir lieu entre les différens matériaux de notre globe à mesure que le soleil fait varier la température des diverses régions qu'il parcourt successivement, et cela principalement dans celles sur lesquelles il agit avec le plus de force; 3°. en nous indiquant, dans ces mêmes variations journalières de la température, la cause des variations diurnes de la déclinaison et de l'inclinaison d'une aiguille aimantée; 4°. en détruisant l'objection qu'on m'avait faite sur ce que la température des aimans où j'admets des courans électriques n'est pas plus élevée que celle des autres corps; 5°. en montrant que la force électro-motrice des courans électriques des

aimans peut être très-faible et ces courans avoir une très-grande intensité, puisque cette intensité croît, pour une même action électro-motrice, à mesure que la longueur du circuit diminue, en raison inverse de cette longueur, et que la longueur des circuits que j'admets autour de chaque particule d'un aimant ne peut être qu'extrêmement petite!

Voilà, Monsieur, les observations que je vous soumets à la hâte, partagé que je suis entre une foule d'occupations obligées qui ne me laissent pas le temps de m'occuper, comme je le voudrais, de cette nouvelle branche de physique à laquelle je desirerais donner tout mon temps; elle vous doit la découverte d'un des plus singuliers phénomènes dont elle se compose, celle du mouvement de rotation continu; elle en attend bien d'autres de votre part, qui finiront sans doute par faire adopter généralement une théorie qui réunit en sa faveur les démonstrations de l'expérience et celles du calcul : théorie que je ne peux m'attribuer que parce que j'en ai eu le premier l'idée; car elle est une conséquence si naturelle des faits, qu'elle n'aurait sans doute pas tardé à être imaginée par d'autres si je ne m'étais pas occupé de ce sujet.

J'ai l'honneur d'être, etc.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Supplément à l'extrait de la séance du 31 *mars* 1823, *communiqué par M.* de La Borne.

M. DE LA BORNE met sous les yeux de l'Académie des appareils ayant pour objet l'augmentation des effets voltaïques produits dans l'expérience de M. Seebeck. Ces appareils sont un système formé d'une suite de barreaux alternativement de laiton et de fer; des conducteurs de différentes grosseurs, dont l'un est réduit au milieu à un très-petit diamètre, et qui sont destinés à mettre en communication les deux extrémités de l'appareil précédent; une pièce au moyen de laquelle on peut établir la communication par des fils très-fins de différentes longueurs.

(Ces détails n'avaient pas été portés au procès-verbal, par la raison que le temps ne permit pas à M. de La Borne, le 31 mars, de lire son Mémoire, quoiqu'il fût inscrit. Du reste, nous nous rappelons parfaitement que les instrumens en question avaient été déposés sur le bureau de l'Académie dès le commencement de la séance.) (R.)

Séance du lundi 7 avril.

M. le général Brisbane, gouverneur de la Nouvelle-Hollande et correspondant de l'Académie, adresse les observations astronomiques faites par lui et par M. Rumker à l'Observatoire de Paramatta.

M. le baron Blin demande à lire un Mémoire où il exposera la découverte qu'il a faite du principe générateur de l'harmonie.

M. Auger, de l'Académie française, présente, au nom de Mme Berthollet, une épreuve du buste de M. Berthollet, de grandeur naturelle et d'une parfaite ressemblance, exécuté par M. Gayrard. L'Académie arrête qu'il sera écrit à Mme Berthollet pour lui témoigner ses remercîmens et le haut prix qu'elle attache à la mémoire du savant illustre dont le statuaire a conservé les traits.

L'Académie apprend avec douleur que M. Charles, qui s'est fait faire l'opération de la pierre, est dans un état presque désespéré.

M. Ferrand demande qu'il soit fait promptement un rapport sur son projet de moulin à pompe.

M. Arago communique une lettre où M. Duperrey, actuellement en voyage sur la corvette *la Coquille*, rend compte des observations magnétiques qu'il a faites en mer et à l'île Sainte-Catherine.

L'Académie accepte un paquet cacheté de M. Chevreul, et arrête qu'il sera déposé au Secrétariat.

M. de La Borne dépose un Mémoire intitulé : *Electromoteur-thermal*, et *Formules représentant son effet.* (Nous attendrons, pour faire connaître ce Mémoire, que les commissaires nommés par l'Académie aient présenté leur rapport.)

L'Académie continue la discussion qu'elle avait commencée dans la séance précédente, concernant l'usage des machines à vapeur. La rédaction des dispositions adoptées sera présentée lundi prochain.

Séance du lundi 14 avril.

M. Arago communique les résultats des expériences qui ont été faites récemment en Angleterre sur la liquéfaction de quelques substances gazeuses. (*Voyez* le Cahier précédent.)

M. Magendie rend compte d'une observation pathologique faite sur un homme qui avait perdu le mouvement en conservant le sentiment, et dont la partie antérieure de la moelle épinière était ramollie. Cette observation confirme les expériences de M. Magendie sur les fonctions distinctes propres aux racines antérieures et postérieures des nerfs.

M. Bory-de-Saint-Vincent continue la lecture de son Mémoire *sur la Géographie physique de l'Espagne.*

M. Dupetit-Thouars commence la lecture d'un Mémoire *sur les Différences des monocotylédones et des dicotylédones.*

L'Académie nomme au scrutin une Commission qui sera chargée de proposer un sujet de prix pour les sciences naturelles. Cette Commission est composée de MM. Desfontaines, Cuvier, Thenard, Lacépède et Magendie.

M. de La Borne, après avoir présenté de nouvelles expériences sur le voltaïsme, annonce que ses résultats étaient déjà consignés dans une Note déposée par lui au Secrétariat de l'Académie le 10 mars 1823. Les commissaires vérifieront l'exactitude de l'assertion de M. de La Borne.

M. Dupin donne lecture des conclusions du Rapport qu'il a fait, au nom d'une Commission, sur l'emploi

des machines à simple et à haute pression, considérées spécialement sous le point de vue de la sûreté publique. Ces conclusions, adoptées par la majorité de l'Académie, sont ainsi conçues :

1°. Deux soupapes de sûreté seront adaptées à la chaudière des machines à vapeur. L'une de ces soupapes sera disposée de manière à rester hors de l'atteinte de l'ouvrier qui dirige le chauffage et le jeu de la machine. L'autre devra rester à sa disposition, pour qu'il puisse au besoin diminuer la pression de cette soupape; tandis qu'il augmenterait en vain cette pression, puisque la soupape à laquelle il ne peut toucher ouvrirait passage à la vapeur à une plus basse limite que celle qu'il aurait l'imprudence de vouloir atteindre.

2°. Nous proposons qu'on éprouve, par le moyen de la presse hydraulique, la force de toutes les chaudières, en leur faisant supporter une pression de quatre à cinq fois plus grande que celle qu'elles devront supporter dans le jeu habituel de la machine, tant que la pression sera comprise entre deux et quatre atmosphères; et qu'au-delà de ce terme, la pression d'épreuve soit autant de fois plus forte que la tension habituelle qu'éprouvera la vapeur lors du jeu de la machine, que cette tension habituelle surpasse de fois la simple pression de l'atmosphère.

3°. Nous proposons que chaque fabricant de machines à vapeur soit tenu de faire connaître ses moyens d'épreuve et tout ce qui peut garantir la solidité et la sûreté de la machine, surtout de la chaudière et de ses appendices. Le fabricant doit faire connaître à l'autorité,

ainsi qu'au public, la pression habituelle à laquelle doivent jouer ces machines.

4°. On entourera d'un mur d'enceinte les chaudières des machines à vapeur qui se trouveront à proximité de quelque habitation, dans le cas où ces machines seraient d'une force suffisante pour qu'une explosion pût renverser le mur mitoyen qui sert de limite à cette habitation et à l'établissement où se trouve la machine à vapeur. Il paraît qu'on peut, dans tous les cas, réduire à un mètre la distance du mur d'enceinte au mur mitoyen ; à un mètre l'épaisseur du mur d'enceinte, et à un mètre la distance de ce mur à la chaudière.

La Commission propose encore d'engager l'autorité à faire tenir un état exact de tous les accidens arrivés aux machines à vapeur de chaque système, et à publier cet état en mentionnant les effets et les causes de tels événemens ; le nom des manufactures où les accidens sont arrivés, et le nom du fabricant de la machine ; c'est de tous les moyens le plus efficace pour rendre rares les malheurs qui peuvent résulter de l'emploi des machines à vapeur, à simple, à moyenne et à haute pression.

La Commission termine son rapport en annonçant que dans l'examen de l'importante question soumise à l'Académie par le Gouvernement, elle est partie de ce principe, que tout moyen mécanique entraîne avec lui ses dangers, et qu'il suffit que ces dangers ne dépassent pas une chance de probabilité très-faible pour qu'on doive, nonobstant leur possibilité, continuer d'employer les procédés d'industrie qui les font naître.

Les commissaires étaient : MM. Laplace, Prony, Ampère, Girard et Dupin. M. Gay-Lussac, dont l'opinion différait à plusieurs égards de celles adoptées dans le rapport, avait demandé à ne plus faire partie de la Commission.

M. Chaptal, au nom de la Section de chimie, présente pour candidats à la chaire de pharmacie vacante à Montpellier, MM. Bertin et Figuier.

Séance du lundi 21 avril.

M. Dutrochet envoie un Mémoire *concernant des expériences sur l'irritabilité végétale.*

On procède au scrutin, sur la demande du Directeur-général des Ponts-et-Chaussées, pour la nomination de trois commissaires qui concourront à l'examen des travaux exécutés dans l'Ecole d'application. MM. Fourier, Girard et de Rossel réunissent la majorité des suffrages.

M. Duméril fait un rapport verbal sur un superbe ouvrage d'anatomie de M. Antommarchi, publié à Paris par livraisons, sous la direction de M. de Lasteyrie.

M. Coquebert de Montbret lit la première partie d'un Rapport qu'il a fait, au nom d'une Commission, *sur la Description géologique du Puy-en-Veley*, par M. Bertrand. Cette lecture sera continuée dans la prochaine séance.

M. Molard, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le *parafeu* de M. Turban. Il résulte de ce rapport que les moyens de secours contre les incendies proposés par M. Turban sont à la fois moins parfaits et moins praticables que ceux qu'on possède déjà. L'Aca-

démie, conséquemment, ne leur a point donné son approbation.

M. Chevreul lit un Mémoire intitulé : *Extrait d'un travail sur les causes des différences que l'on observe dans les savons, sous le rapport de leur degré de dureté ou de mollesse, et sous le rapport de leur odeur.*

M. Chevreul prie le Président de faire remettre aux commissaires chargés de l'examen de son Mémoire un écrit cacheté, déposé au secrétariat de l'Académie depuis fort long-temps, et qui renferme les principaux résultats dont il vient de donner connaissance.

On procède au scrutin pour la nomination d'un candidat à la place de professeur adjoint à l'Ecole de Pharmacie de Montpellier. M. Bertin réunit quarante-sept suffrages sur quarante-neuf votans.

Une place de correspondant étant vacante dans la Section d'Économie rurale, M. Tessier présente en comité secret la liste suivante de candidats, pris tous parmi les médecins vétérinaires : MM. Schwertz, à Hohenheim, près Stuttgard ; Scheval, à Munich ; Ammon, à Rohrenfeld ; Mundigt, à Munich.

Sur *le nouveau Système des poids et mesures adopté en France.*

Par le Colonel Lambton.

Nous avons trouvé dans le dernier volume (le 13e) des *Asiatick Researches*, publié à Calcutta, un Mémoire du colonel Lambton, concernant les importantes opé-

rations géodésiques qui ont été exécutées dans l'Inde. A la fin de ce Mémoire est un paragraphe relatif au système décimal des poids et mesures adopté en France : nous allons en donner ici la traduction, persuadés que les lecteurs verront avec plaisir quelle est, sur une question si longuement et si vivement débattue, l'opinion d'un juge dont on ne pourra contester ni les lumières ni l'impartialité :

« Le *mètre* est l'unité de mesure adoptée par les » Français et par plusieurs autres peuples du conti- » nent. Les Anglais, cette grande nation commerçante, » n'ont jamais pu se fixer à un étalon, quoiqu'ils en » aient senti le besoin dans tous les âges : l'aversion » qu'ils ont à recevoir comme guide quelque chose que » ce soit venant des étrangers, les a laissés jusqu'à pré- » sent sans étalon naturel auquel on puisse se reporter. » Dans mon opinion, il n'y a rien de plus simple que » de prendre une partie fractionnaire du quart du mé- » ridien dont la longueur a été si incontestablement » établie : un tel étalon fixe de mesure, qu'on l'appelle » comme on voudra, pourra toujours être rapporté à » une règle en cuivre divisée en parties égales. Si à la » température de 62° Fahr. (+16°,7 centig.), vous ex- » trayez, par exemple, de cette règle 39$^{\text{pouc. angl.}}$371, » nous saurons que c'est exactement la dix-millionième » partie du quart du méridien.

» L'unité de mesure étant une fois déterminée, ses » multiples et ses sous-multiples peuvent être arrangés » d'après le système le mieux adapté au mode le plus » habituel de calcul. Les savans français ont choisi le » système décimal; les multiples déduits de la langue

» grecque sont le décamètre, égal à *dix* mètres ; l'hec-
» tomètre, égal à *dix* décamètres ; le kilomètre, égal à
» *dix* hectomètres, etc. Les sous-multiples, formés
» d'après la langue latine, sont : le décimètre, qui est
» égal à $\frac{1}{10}$ de mètre ; le centimètre, égal à $\frac{1}{10}$ de
» décimètre ; et le millimètre, égal à $\frac{1}{10}$ de centi-
» mètre, etc.

» L'unité, pour les capacités, est le décimètre cube :
» on l'appelle *litre :* un décimètre cube égale $2\frac{1}{8}$ pintes
» anglaises, mesures du vin. L'unité, pour les pesées,
» est égale au poids d'un centimètre cube d'eau dis-
» tillée à la température de 40° Fahr. $= + 4°,4$ cen-
» tigrades.

» Cet ensemble paraîtra extrêmement simple et ingé-
» nieux partout où disparaîtront les vieux préjugés en
» faveur des anciens poids et mesures. J'espère que
» malgré son origine étrangère, une nation éclairée
» comme la nôtre adoptera soit ce système, soit quel-
» que chose d'équivalent et fondé sur les mêmes prin-
» cipes. De nouveaux noms paraissent absolument né-
» cessaires, et je n'en connais pas de plus convenables
» que ceux dont les mathématiciens français ont fait
» usage. Nous n'avons pas de mesure qui soit une partie
» aliquote du quart du méridien : le fathom est celle
» qui satisfait de plus près à la condition ; mais le quo-
» tient du quart de méridien par le fathom n'est pas une
» fraction aussi simple que $\frac{1}{10000000}$. Si nous voulions
» agrandir le *yard* pour le rendre égal au mètre, nous
» serions obligés d'allonger dans la même proportion
» le pouce, le pied, etc. ; les mesures de surface et de
» volume éprouveraient des changemens analogues. Un

» système qui a été déjà adopté par la plupart des na-
» tions du continent (1) deviendrait bien plus aisément
» universel. »

Nouvelle Note *de M.* Cagniard de Latour, *sur les Effets qu'on obtient par l'application simultanée de la chaleur et de la compression à certains liquides.*

J'ai eu l'honneur, en août 1822, de soumettre au jugement de l'Académie des Sciences quelques résultats obtenus par l'application de la chaleur et de la compression à certains liquides. Depuis la lecture de mon Mémoire, qui a été inséré avec un supplément dans les *Annales de Chimie et de Physique* du mois d'octobre, même année, je me suis livré à quelques nouvelles recherches pour déterminer quelles sont les pressions qui s'exercent dans mes tubes de verre à divers degrés de température.

Mes expériences, pour être faites dans toute l'étendue que je desire leur donner, demanderont encore du temps, à cause des difficultés qu'elles présentent : j'ai cependant obtenu déjà, par la chaleur seule d'un bain d'huile, quelques résultats qui semblent indiquer à-peu-près ceux auxquels on doit arriver par l'emploi de températures beaucoup plus élevées ; c'est ce qui me détermine

---

(1) Cette assertion n'est pas exacte. La France et le royaume des Pays-Bas sont les seuls pays où le nouveau système des poids et mesures soit légalement établi maintenant. (R.)

à présenter aujourd'hui ces premiers aperçus qui sont indiqués dans les tableaux ci-joints :

1er *Tableau des expériences faites sur l'éther.*

Volume à l'état liquide, 7 parties.		Volume à l'état de vapeur, 20 parties.			
Degrés de Réaumur.		Pressions atmosphériques.		Différence d'un résultat au résultat suivant.	
	80	5 atmosph.	6 dixièm.		
	90	7	9	2 atmosph.	3 dixièm.
	100	10	6	2	7
	110	12	9	2	3
	120	18	0	5	1
	130	22	2	4	2
	140	28	3	6	1
Etat de vapeur.	150	37	5	9	2
	160	48	5	11	0
	170	59	7	11	2
	180	68	8	9	1
	190	78	0	9	2
	200	86	3	8	3
	210	92	3	6	0
	220	104	1	11	8
	230	112	7	8	6
	240	119	4	6	7
	250	123	7	4	3
	260	130	9	7	2

2me *Tableau des expériences faites sur l'éther.*

Volume à l'état liquide, 3 ½ parties.	Volume à l'état de vapeur (ou capacité du tube) 20 p.

	Degrés de Réaumur.	Pressions atmosphériques.		Différence d'un résultat au résultat suivant.	
	100	14	0 dixièm.		
	110	17	5	3	5 dixièm.
	120	22	5	5	0
	130	28	5	6	0
	140	35	.	6	5
État de vapeur.	150	42	.	7	0
	160	50	5	8	5
	170	58	.	7	5
	180	63	5	5	5
	190	66	.	2	5
	200	70	5	4	5
	210	74		3	5
	220	78		4	
	230	81		3	
	240	85		4	
	250	89		4	
	260	94		5	

Tableau des expériences faites sur le sulfure de carbone.

Volume à l'état liquide, 8 parties.		Volume à l'état de vapeur, 20 parties.		
Degrés de Réaumur.	Pressions atmosphériques.		Différence d'un résultat au résultat suivant.	
80	4	2		
90	5	5	1	3
100	7	9	2	4
110	10	0	2	1
120	13	0	3	0
130	16	5	3	5
140	20	2	3	7
150	24	2	4	0
160	28	8	4	6
170	33	6	4	8
180	40	2	6	6
190	47	5	7	3
200	57	2	9	7
210	66	5	9	3
État de vapeur.				
220	77	8	11	3
230	89	2	11	4
240	98	9	9	7
250	114	3	15	4
260	129	6	15	3
265	133	5	3	9

Remarques sur les résultats contenus dans les tableaux précédens.

Dans la première expérience, l'éther a passé à l'état de vapeur à 150 degrés, et a produit une pression de 37 atmosphères.

Le sulfure de carbone, qui est à-peu-près aussi volatil que l'éther, n'a passé cependant à l'état de vapeur qu'à 220 degrés avec une pression d'environ 78 atmosphères, c'est-à-dire, double de l'éther. Ce résultat est d'autant plus remarquable, que la capacité du tube dans lequel était renfermé ce liquide était un peu plus grande, eu égard au volume, que pour l'éther.

Les irrégularités qui se trouvent dans la succession des pressions indiquées tiennent probablement à quelques inexactitudes qui se seront glissées dans les expériences, quoiqu'on ait cherché à y apporter tout le soin possible. On peut remarquer d'ailleurs qu'elles n'influent pas sensiblement sur les résultats principaux.

D'après le tableau des premières expériences sur l'éther, on voit que, depuis 140 jusqu'à 160 degrés, la pression s'est augmentée d'une atmosphère par degré; que cependant, à une température beaucoup plus élevée, c'est-à-dire, de 240 à 250 degrés, l'accroissement de pression n'a plus été que d'une demi-atmosphère par degré; qu'enfin, à 260 degrés, la pression est redevenue plus forte : ce qui est dû probablement à la décomposition de l'éther, ou à un changement d'état analogue.

D'après le tableau des expériences faites sur le sulfure de carbone, on voit que, de 250 à 260 degrés, l'accroissement de pression a été d'une atmosphère et demie par

degré, et qu'à 265 degrés cet accroissement a diminué comme pour l'éther.

En comparant ensemble les deux tableaux concernant l'éther, on voit que jusqu'à 150 degrés, les pressions dans le tube où il y a le moins de liquide sont plus fortes que celles de l'autre qui en contient le double.

Cette différence provient sans doute de ce que, à ces températures, l'attraction primitive de la liquidité conserve moins d'influence dans le tube où les molécules de la vapeur sont plus écartées que dans l'autre.

On peut remarquer, dans ces tableaux, surtout dans le deuxième des expériences sur l'éther, que c'est en général lorsque le liquide est à l'état de vapeur que l'accroissement des pressions est le plus grand; que bientôt il diminue, et paraît prendre ensuite la même marche que pour les gaz.

Par ces deux mêmes tableaux, on voit encore que la vaporisation totale du liquide dans les deux expériences a eu lieu à des températures peu différentes. Cette circonstance semblerait démontrer que cet état particulier exige toujours une température très-élevée, presque indépendante de la capacité du tube.

Réflexions *sur les Volcans*.

Par M. Gay-Lussac.

Avant de me livrer à quelques réflexions sur les volcans, vaste champ ouvert depuis long-temps aux conjectures et aux hypothèses, je dois commencer par déclarer

que je n'ai point l'étendue des connaissances qu'il faudrait pour traiter un tel sujet, et que je ne ferai que l'effleurer, en me bornant à certaines questions abordables à la chimie, et pour lesquelles il n'est point indispensable d'être géologue. La matière est d'ailleurs difficile et commande l'indulgence.

On peut former deux hypothèses sur la cause qui entretient les phénomènes volcaniques. Suivant l'une, la terre serait encore dans un état d'incandescence à une certaine profondeur au-dessous de sa surface, ainsi que sembleraient le faire présumer les observations que l'on a faites récemment dans les mines sur l'augmentation progressive de sa température; et cette chaleur serait le principal agent des phénomènes volcaniques. Suivant l'autre hypothèse, leur principale cause serait une affinité très-énergique et non encore satisfaite entre des substances à laquelle un contact fortuit leur permettrait d'obéir, et d'où résulterait une chaleur suffisante pour fondre les laves et les élever par la pression de fluides élastiques à la surface de la terre.

Les deux hypothèses ont cela de commun, qu'il faut nécessairement que les foyers volcaniques soient alimentés par des substances qui leur étaient d'abord étrangères, et qui y sont amenées d'une manière quelconque.

En effet, à ces époques reculées qui ont vu les grandes catastrophes de notre globe, époques où sa température devait être plus élevée qu'aujourd'hui, et par conséquent les matières fondues qu'il renfermait plus liquides, la résistance de sa surface moindre, et les pressions exercées par les fluides élastiques plus grandes, tout ce qui pouvait se produire s'est produit; il a dû s'établir un

équilibre, un état de repos qui ne pouvait plus être troublé par des causes intestines, et qui ne peut l'être de nos temps que par des contacts nouveaux entre des corps que des accidens rapprochent et qui peut-être ne sont venus s'ajouter à la masse du globe que postérieurement à la solidification de sa surface.

Or, la possibilité du rapprochement entre des corps dans l'intérieur de la terre, l'ascension des laves à des hauteurs considérables au-dessus de la surface de la terre, les éjections par explosion, les tremblemens de terre, exigent nécessairement que les substances étrangères qui pénètrent dans les foyers volcaniques soient des fluides élastiques ou plutôt des liquides susceptibles d'en produire, soit par la chaleur qui les vaporise, soit par l'affinité qui met en liberté quelques élémens gazeux.

En consultant l'analogie, les substances pouvant pénétrer dans les foyers volcaniques en masses suffisantes pour les alimenter, sont l'air ou l'eau, ou tous les deux ensemble. Beaucoup de géologues font jouer un grand rôle à l'air dans les volcans : c'est, suivant eux, son oxigène qui entretient leur combustion ; mais une observation très-simple suffit pour renverser entièrement cette opinion.

Comment, en effet, l'air pénétrerait-il dans les foyers volcaniques, quand il y existe, du dedans au dehors, une pression qui peut élever la lave liquide, matière pesant environ trois fois plus que l'eau, à plus de 1000 mètres de hauteur, comme au Vésuve, et à plus de 3000 dans un grand nombre de volcans? Une pression de 1000 mètres de lave, équivalent à une pression de 3000 mètres d'eau, ou à celle d'environ 300 at-

mosphères, exclut nécessairement toute introduction d'air dans l'intérieur des volcans; et comme cette pression se soutient pendant de longues années, durant lesquelles les phénomènes volcaniques conservent néanmoins une grande activité, l'air ne doit y contribuer absolument en rien. Il est en outre évident que si l'air communiquait librement dans les foyers des volcans, l'ascension de la lave et les tremblemens de terre deviendraient impossibles.

Si l'air ne peut être la cause des phénomènes volcaniques, il est au contraire probable que l'eau en est un agent très-important.

Que l'eau pénètre dans les foyers des volcans, c'est ce qui ne peut guère être revoqué en doute. Il n'y a pas de grande éruption qui ne soit suivie d'une énorme quantité de vapeurs aqueuses, qui, se condensant ensuite par le froid au-dessus des cimes des volcans, retombent en pluies abondantes, accompagnées de tonnerres effroyables, ainsi qu'on l'a vu à la fameuse éruption du Vésuve de 1794 qui détruisit *Torre del Greco*. On a aussi souvent observé dans les éjections journalières des volcans des vapeurs aqueuses et du gaz hydrochlorique, dont il n'est guère possible de concevoir la formation dans l'intérieur des volcans sans le concours de l'eau.

En admettant que l'eau soit un des principaux agens des volcans, il reste à examiner son véritable rôle dans chacune des deux hypothèses que nous venons de faire sur la chaleur de leurs foyers.

En supposant, selon la première hypothèse, que la terre est encore incandescente à une certaine profondeur au-dessous de sa surface, il est impossible de concevoir

l'existence de l'eau à cette profondeur; car la température de la terre ayant été nécessairement plus élevée autrefois, sa fluidité plus grande, et l'épaisseur de sa croûte solide plus petite qu'aujourd'hui, l'eau aurait dû nécessairement se dégager de son intérieur et s'élever au-dessus de sa surface.

Il faudrait donc, pour conserver à l'hypothèse sa vraisemblance, et à l'eau son importance comme agent principal des volcans, qu'elle pénétràt jusqu'aux couches incandescentes de la terre, en s'y portant de haut en bas; mais alors il faudrait lui supposer une libre communication avec ces couches, la voir s'échauffer graduellement avant d'y arriver, et se demander comment sa vapeur, pressée au plus par le poids de toute sa colonne liquide, pourrait avoir une force élastique assez grande pour soulever les laves, produire des tremblemens de terre, et entretenir les autres phénomènes volcaniques. Ces difficultés, que l'on pourrait multiplier, rendent tout-à-fait inadmissible l'hypothèse que la chaleur des volcans soit due à l'état d'incandescence de la terre à une certaine profondeur au-dessous de sa surface : je dis plus, cette incandescence est tout-à-fait hypothétique elle-même; et, malgré les observations sur l'accroissement de température dans les mines, je la regarde comme très-douteuse.

Dans la deuxième hypothèse que nous avons faite, que la principale cause des phénomènes volcaniques serait une affinité très-énergique et non encore satisfaite entre des substances à laquelle un contact fortuit leur permettrait d'obéir, il est nécessaire que l'eau rencontre dans l'intérieur de la terre des substances avec lesquelles

elle ait une affinité assez puissante pour se décomposer et donner lieu à un dégagement considérable de chaleur.

Or, les laves vomies par les volcans étant essentiellement composées de silice, d'alumine, de chaux, de soude et d'oxide de fer, corps tous oxidés et n'ayant plus aucune action sur l'eau, ce n'est pas dans cet état qu'ils devaient exister originairement dans les volcans; et d'après ce que l'on sait aujourd'hui de leur véritable nature, depuis les belles découvertes de sir Humphry Davy, ils devaient s'y trouver, si non tous, au moins une grande partie, à l'état métallique. On conçoit alors sans peine que, par leur contact avec l'eau, ils pourraient la décomposer, se changer en laves, et produire assez de chaleur pour expliquer la plupart des phénomènes volcaniques. Mais comme mon objet n'est point de faire un système, mais au contraire d'examiner la vraisemblance des deux hypothèses que j'ai posées et de diriger dans les observations qu'on pourrait faire sur les volcans, je vais exposer les conséquences de la dernière hypothèse.

L'une de ces conséquences, la plus importante peut-être, serait le dégagement, par le cratère des volcans, d'une énorme quantité d'hydrogène, soit libre, soit combiné avec quelqu'autre principe, si c'est réellement l'eau qui entretient par son oxigène les feux volcaniques. Cependant il ne paraît pas que le dégagement de l'hydrogène soit très-fréquent dans les volcans. Quoique pendant mon séjour à Naples, en 1805, avec mes amis, MM. Alexandre de Humboldt et Léopold de Buch, j'aie été témoin au Vésuve de fréquentes explosions qui lançaient la lave fondue à plus de 200 mètres de hauteur, je n'ai jamais aperçu aucune inflammation d'hydrogène.

Chaque explosion était suivie de tourbillons d'une fumée épaisse et noire, qui n'auraient pas manqué de s'enflammer s'ils eussent été formés par l'hydrogène, étant traversés par des matières rouges plus échauffées qu'il n'eût été nécessaire pour leur inflammation. Cette fumée, cause évidente des explosions, renfermait donc d'autres fluides que l'hydrogène; mais quelle était sa véritable nature?

En admettant toujours que c'est l'eau qui fournit de l'oxigène aux volcans, il faudrait, puisque son hydrogène ne se dégage point à l'état de liberté, au moins le plus ordinairement, qu'il s'engageât dans quelque combinaison. Ce ne peut être dans aucun composé inflammable au contact de l'air par le moyen de la chaleur; mais il se pourrait très-bien qu'il formât avec le chlore de l'acide hydrochlorique.

On a effectivement aujourd'hui beaucoup d'observations sur la présence de cet acide dans les vapeurs du Vésuve; et, selon l'excellent observateur M. Breislack, il y serait au moins aussi abondant que l'acide sulfureux. M. Menard de la Groye, dont je suis d'ailleurs loin d'adopter les idées hasardées sur les volcans, et M. Monticelli, auquel on doit de bonnes observations sur le Vésuve, regardent aussi la présence de l'acide hydrochlorique dans les vapeurs du Vésuve comme incontestable. Je ne conserve moi-même aucun doute à cet égard, quoique, pendant mon séjour au Vésuve, je n'aie reconnu à l'odorat que l'acide sulfureux; mais il serait très-possible que les substances étrangères mêlées avec l'acide hydrochlorique fissent méprendre sur son odeur. Il serait bien à desirer que M. Monti-

celli, qui est si bien à portée d'étudier le Vésuve, plaçât de l'eau contenant un peu de potasse, dans des vases découverts, en plusieurs endroits de ce volcan : cette eau se chargerait peu à peu de vapeurs acides, et, au bout de quelque temps, il serait facile de déterminer leur nature.

Si l'hydrogène fourni par l'eau aux substances combustibles dans les foyers volcaniques entrait en totalité en combinaison avec le chlore, la quantité d'acide hydrochlorique dégagée par les volcans devrait être énorme. On aurait donc lieu d'être surpris que cet acide n'eût pas été remarqué plus tôt.

De plus, il faudrait que les métaux de la silice, de l'alumine, de la chaux, de l'oxide de fer même, fussent combinés avec le chlore; et pour expliquer la haute température des volcans, il faudrait encore supposer que le contact des chlorures de silicium et d'aluminium avec l'eau produisit un grand dégagement de chaleur. Une pareille supposition n'est point du tout invraisemblable; mais en l'admettant, il manque bien des données pour qu'on puisse en faire une application satisfaisante aux phénomènes volcaniques.

Si les métaux combustibles ne sont point à l'état de chlorures, l'acide hydrochlorique est alors un résultat secondaire; il provient de l'action de l'eau sur quelque chlorure (probablement celui de sodium); action qui est favorisée par l'affinité mutuelle des oxides. Nous avons fait voir, M. Thenard et moi, que lorsqu'on chauffe à une température rouge du sel marin et du sable parfaitement secs l'un et l'autre, il ne se dégage point d'acide hydrochlorique; le sel marin n'éprouve non plus

aucune altération de la part de l'eau seule; mais si on fait passer de la vapeur aqueuse sur un mélange de sable ou d'argile avec le sel marin, l'acide hydrochlorique se dégage aussitôt en très-grande abondance.

Or, la production de cet acide par le concours de l'eau et de quelque oxide sur un chlorure doit être très-fréquente dans les volcans. Les laves contiennent des chlorures, puisqu'elles en exhalent abondamment au contact de l'air. MM. Monticelli et Covelli ont retiré, par de simples lavages à l'eau bouillante, plus de 9 pour cent de sel marin de la lave du Vésuve de 1822. Il s'en exhale par la bouche des volcans; car on en voit en très-beaux cristaux dans les scories recouvrant la lave incandescente. Si, par conséquent, ces laves ont le contact de l'eau, soit dans l'intérieur du volcan, soit à la surface de la terre, par le moyen de l'air, il doit nécessairement se produire de l'acide hydrochlorique. MM. Monticelli et Covelli ont en effet observé la production de vapeurs acides dans des crevasses presque incandescentes; mais ils les ont prises pour de l'acide sulfureux, et je suis convaincu qu'elles étaient essentiellement formées d'acide hydrochlorique. Il est d'autant plus permis de révoquer en doute leur observation, qu'ils ont été souvent très-incertains sur la nature des vapeurs acides, si elles étaient sulfureuses ou muriatiques.

On sait que les laves, surtout celles qui sont spongieuses, contiennent beaucoup de fer spéculaire. En 1805, dans une galerie formée, au Vésuve, par la lave de l'année précédente, qui, après s'être figée à sa surface, s'était retirée peu à peu en dessous, j'en ai vu, avec MM. de Humboldt et de Buch, une si grande quan-

tité, qu'il formait, pour ainsi dire, un filon : il recouvrait en beaux cristaux micacés toutes les parois de cette galerie dont la température était encore trop élevée pour qu'on pût y rester long-temps : or, le peroxide de fer étant très-fixe à des températures beaucoup plus élevées que celle de la lave, il n'est nullement probable qu'il ait été volatilisé dans cet état : il est très-probable que, primitivement, il était à l'état de chlorure.

Si on prend, en effet, du protochlorure de fer qui aura été fondu, qu'on l'expose à une chaleur d'un rouge sombre dans un tube de verre, et qu'alors on fasse arriver à sa surface un courant de vapeur d'eau, on obtiendra beaucoup d'acide hydrochlorique et du gaz hydrogène, et il restera dans le tube du deutoxide noir de fer. En employant de l'oxigène sec, au lieu de vapeur d'eau, on obtient du chlore et du peroxide de fer. L'expérience s'en fait facilement en mélangeant le chlorure de fer avec du chlorate de potasse sec; à la plus légère chaleur, le chlore se dégage en abondance. Si on fait passer de l'air humide sur le chlorure, toujours à une température voisine du rouge, on obtient du chlore, de l'acide hydrochlorique et du peroxide de fer.

Le perchlorure de fer se comporte d'une manière semblable. S'il rencontre de l'humidité, on obtient aussitôt de l'acide hydrochlorique, ou bien du chlore s'il rencontre de l'oxigène. et il se forme du peroxide de fer. Je conçois donc que le fer est à l'état de chlorure dans les fumées exhalées par les volcans ou par leurs laves au contact de l'air, et qu'au moyen de la chaleur, de l'eau et de l'oxigène de l'air, il se change en peroxide qui s'aggrège et prend une forme cristalline en se précipitant.

En faisant arriver du chlore sur du fil de fer de clavecin, à la température d'environ 400°, le fer devient aussitôt incandescent; mais pas à beaucoup près autant qu'avec l'oxigène. Le perchlorure est très-volatil; il cristallise par le refroidissement en petites paillettes très-légères qui, à l'air, tombent presque instantanément en déliquescence. Il s'échauffe si fortement avec l'eau, que je ne serais point surpris qu'en grande masse et avec une quantité d'eau convenable il ne devînt incandescent. Je fais cette observation pour faire sentir que si le silicium et l'aluminium étaient réellement à l'état de chlorure dans les entrailles de la terre, ils pourraient produire une température beaucoup plus élevée dans leur contact avec l'eau, puisque leur affinité pour l'oxigène est très-supérieure à celle du fer.

S'il se dégage de l'acide sulfureux des volcans, comme on n'en saurait douter, il est bien difficile de se former une opinion sur sa véritable origine. Où prendrait-il l'oxigène nécessaire à sa formation, à moins qu'il ne soit le résultat de la décomposition de quelques sulfates par l'action de la chaleur et de l'affinité de leur base pour d'autres corps? C'est là ce qui me paraît le plus probable; car je ne puis concevoir que le soufre, d'après ses propriétés connues, soit un agent des feux volcaniques.

Klaproth et M. Vauquelin ont conjecturé que les basaltes pourraient bien devoir leur couleur à du charbon; mais, pour détruire cette conjecture, il suffit de remarquer que lorsqu'un minéral fusible et contenant même moins de 10 centièmes d'oxide de fer est chauffé fortement dans un creuset brasqué, il se réduit beaucoup

de fer, ainsi que Klaproth l'a fait voir dans le premier volume de ses *Essais*. De plus, d'après MM. Gueniveau et Berthier, il ne reste pas plus de 3 à 4 centièmes d'oxide de fer dans les scories des hauts fourneaux : or, les laves contenant beaucoup de fer, et les basaltes qu'on a analysés en renfermant de 15 à 25 centièmes, il n'est pas probable qu'il puisse rester du carbone en présence d'une aussi grande quantité de fer sans le réduire.

Ne serait-il pas possible, s'il se dégage de l'hydrogène des volcans, qu'on trouvât du fer métallique dans les laves, puisqu'il a la propriété de réduire ses oxides à une haute température ? Il est certain du moins que le fer ne s'y rencontre point à l'état de peroxide ; car elles agissent puissamment sur le barreau aimanté, et le fer paraît y être précisément au degré d'oxidation que l'eau seule détermine, c'est-à-dire, à l'état de deutoxide. Au reste, pour que l'hydrogène ne réduisît pas les oxides de fer, il suffirait, comme je l'ai fait voir, qu'il fût mêlé avec plusieurs fois son volume de vapeur aqueuse.

La nécessité, à ce qu'il me paraît, que l'eau pénètre dans les foyers volcaniques, la présence dans les laves de quelques centièmes de soude, celle du sel marin et de plusieurs autres chlorures, rendent très-probable que c'est l'eau de la mer qui y pénètre le plus ordinairement. Mais il se présente une objection que je ne dois point dissimuler : c'est que la lave devrait sortir par les canaux conducteurs de l'eau, puisqu'elle y trouverait une résistance moindre que dans ceux par lesquels elle s'élève au-dessus de la surface de la terre. Il devrait aussi arriver fréquemment que les fluides élastiques formés dans les foyers volcaniques avant l'ascension de la lave à la sur-

face de la terre, vinssent sourdre en bouillonnant par les mêmes canaux dans quelques lieux de la surface des mers ; ce que je ne sache pas qu'on ait encore observé, quoiqu'il soit probable que ce sont ces fluides élastiques qui produisent les mophètes, si communes dans les pays volcaniques.

D'un autre côté, on pourrait remarquer que les longues intermittences des volcans, et leur état de repos pendant un grand nombre d'années, semblent démontrer que leurs feux s'éteignent ou au moins s'amortissent considérablement ; alors l'eau pénétrerait peu à peu, par sa propre pression, dans des fissures imperceptibles, à de grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre, et s'y accumulerait dans les vastes cavités qu'elle renferme. Les feux volcaniques se rallumeraient ensuite peu à peu, et la lave, après avoir obstrué les canaux par lesquels l'eau était arrivée, s'éléverait par son soupirail accoutumé, dont le diamètre doit croître continuellement par la fusion de ses propres parois. Ce ne sont là que des conjectures ; mais ce qu'il y a de bien certain, c'est que l'eau existe réellement dans les foyers volcaniques.

On voit combien la science des volcans est encore incertaine. Bien que l'on ait de fortes raisons de croire que la terre renferme des substances éminemment combustibles, on manque encore d'observations précises pour bien apprécier leur action dans les phénomènes volcaniques. Il faudrait que l'on connût la nature des vapeurs exhalées par plusieurs volcans ; car la cause qui entretient leur activité étant certainement la même, les produits qui seraient communs à tous pourraient la faire déceler. Tous les autres produits seraient accidentels, c'est-à-dire

qu'ils seraient dus à l'action de la chaleur sur les matières inertes vers lesquelles s'étendrait le foyer volcanique.

Le grand nombre de volcans brûlans répandus sur la surface de la terre, et celui plus grand encore des masses minérales qui portent l'empreinte évidente de leur ancienne origine volcanique, doivent, d'un point de vue élevé, faire considérer la couche qui termine la terre comme une croûte de scories, au-dessous de laquelle existe un grand nombre de foyers dont les uns s'éteignent, tandis que d'autres se rallument. Et ce qui est bien fait pour surprendre, c'est que la terre, vieille de tant de siècles, conserve encore une force intestine qui élève des montagnes, renverse des cités, et agite toute sa masse.

La plupart des montagnes, en sortant du sein de la terre, ont dû y laisser de vastes cavités qui sont restées vides, à moins qu'elles n'aient été remplies par l'eau. Mais c'est bien à tort que Deluc et beaucoup de géologues se servent de ces vides, qu'ils imaginent se prolonger en longues galeries, pour propager au loin les tremblemens de terre.

Un tremblement de terre, comme l'a très-bien dit le Dr Young, est analogue à un tremblement d'air C'est une très-forte onde sonore, excitée dans la masse solide de la terre par une commotion quelconque, qui s'y propage avec la même vitesse que le son s'y propagerait. Ce qui surprend dans ce grand et terrible phénomène de la nature, c'est l'étendue immense à laquelle il se fait sentir, les ravages qu'il produit, et la puissance de la cause qu'il faut lui supposer. Mais on n'a pas assez fait attention à l'ébranlement facile de toutes les particules d'une masse solide. Le choc produit par la tête d'une épingle, à l'un des bouts d'une longue poutre, fait

vibrer toutes ses fibres, et se transmet distinctement à l'autre bout à une oreille attentive. Le mouvement d'une voiture sur le pavé ébranle les plus vastes édifices, et se communique à travers des masses considérables, comme dans les carrières profondes au-dessous de Paris. Qu'y aurait-il donc d'étonnant qu'une commotion très-forte dans les entrailles de la terre la fît trembler dans un rayon de plusieurs centaines de lieues? D'après la loi de transmission du mouvement dans les corps élastiques, la couche extrême ne trouvant pas à transmettre son mouvement à d'autres couches, tend à se détacher de la masse ébranlée; de la même manière que dans une file de billes, dont la première est frappée dans le sens des contacts, la dernière seule se détache et prend du mouvement. C'est ainsi que je conçois les effets des tremblemens à la surface de la terre, et comment j'expliquerais leur grande diversité en prenant d'ailleurs en considération, avec M. de Humboldt, la nature du sol et les solutions de continuité qui peuvent s'y trouver. En un mot, les tremblemens de terre ne sont que la propagation d'une commotion à travers la masse de la terre, tellement indépendante des cavités souterraines, qu'elle s'étendrait d'autant plus loin que la terre serait plus homogène.

Sur *les nouvelles Machines à vapeur de M.* Parkins.

En attendant que nous puissions donner une description complète des nouvelles machines de M. Parkins, nous avons cru devoir recueillir le peu de documens

qui ont été publiés dans les journaux anglais sur cet objet.

Il paraît que l'ingénieux mécanicien américain substitue à la chaudière des machines ordinaires un cylindre de bronze, de 3 pouces d'épaisseur, qu'il appelle le *generator*. Ce cylindre est entièrement fermé dans le bas; à l'extrémité opposée est une petite soupape s'ouvrant seulement de bas en haut. Quand on veut mettre la machine en jeu, il faut, avant de soumettre le *generator* à l'action de la chaleur, le remplir d'eau complètement.

Ce *generator* est placé verticalement dans un fourneau cylindrique où il acquiert bientôt une température de 200 à 230° centigrades. L'eau est au même degré; mais, faute d'espace, elle ne s'est pas transformée en vapeur. On introduit alors, à l'aide d'une pompe d'injection, une petite quantité d'eau dans le *generator*; une quantité équivalente s'échappe par la soupape supérieure et entre dans un tube nommé *induction-pipe* : comme la température de cette eau est de 210 à 215 degrés centigrades, elle passe instantanément à l'état de vapeur, communique avec le corps de pompe placé dans une position horizontale, et pousse le piston devant elle. Cette vapeur, après avoir été condensée, revient alimenter le *generator*.

L'opération de produire et de condenser la vapeur s'effectue si promptement, que le mouvement de *va et vient* du piston se fait deux cents fois par minute.

Dans la machine que M. Parkins a déjà exécutée, le *generator* ne contient que huit gallons d'eau; le corps de pompe n'a que 2 pouces de diamètre; la course

du piston ne dépasse pas 12 pouces anglais, et cependant la force est celle de dix chevaux. M. John Knowles, de la Société royale, qui a vu jouer la machine, le 18 avril dernier, avec cette force de dix chevaux, écrit à M. Dupin que la pression de la vapeur était alors de *trente-cinq atmosphères seulement :* ce sont les propres expressions de M. Knowles.

L'emploi de pressions ausi élevées avait fait craindre à beaucoup d'ingénieurs que le nouveau système ne fût accompagné de très-grands dangers. On annonce maintenant qu'une invention fort simple de M. Parkins a dissipé toutes les appréhensions : l'épaisseur de l'*induction-pipe* dans lequel se produit la vapeur est calculée de manière à résister, de dedans en dehors, à une pression de 4000 livres par pouce carré, tandis que la pression habituelle sous laquelle la machine travaille n'est que de 500 livres sur la même surface; mais, outre cela, cet *induction-pipe* est en communication avec un tube de cuivre dont les parois minces se rompent quand la pression, par pouce carré, s'élève à 1000 livres. M. Parkins a souvent fait éclater le tube, en présence de plusieurs personnes, sans qu'il en soit résulté aucun inconvénient. On regarde généralement ce moyen comme moins incertain que les meilleures soupapes de sûreté. Jusqu'ici on ne nous a pas dit ni s'il peut arriver que le *generator* fasse lui-même explosion, ni comment, de ce côté-là, on se mettrait à l'abri des accidens.

La vapeur qui s'échappe du tube de cuivre, au moment de sa rupture, n'a pas une température aussi élevée qu'on aurait pu l'imaginer d'après sa grande force élastique; mais c'est là ce qu'avaient déjà remarqué

les physiciens qui s'étaient servis de la marmite de Papin.

La nouvelle machine ne consume guère, dit-on, à égalité de produit, que le dixième du combustible qu'emploie une machine de Watt. L'espace qu'elle occupe est de quatre cinquièmes plus petit : le prix d'achat, suivant toute apparence, sera aussi très-inférieur.

Après avoir remarqué combien la machine de M. Parkins est légère, et combien peu elle dépense d'eau et de charbon, les ingénieurs ont conçu l'espoir de voir enfin se réaliser le projet de faire marcher des voitures, avec profit, par l'action des pompes à feu ; ce qui paraît moins incertain, c'est que la nouvelle découverte permettra d'établir la navigation par la vapeur entre les contrées les plus éloignées.

Sur *les Phénomènes thermo-électriques.*

Par M. de La Borne (1).

Si l'appareil thermo-électrique multiple, composé d'une suite de barreaux, est fermé par un conducteur d'un diamètre égal à celui de ces barreaux et d'une pe-

---

(1) L'auteur de cette Note vient de nous l'adresser, avec prière de l'insérer dans le présent Cahier des *Annales* à la suite du Mémoire de MM. OErsted et Fourier. M. de La Borne nous annonce que son expérience a été communiquée à l'Académie, le 14 avril, et qu'elle est consignée dans un Mémoire qui a été renvoyé, ce même jour, à l'examen d'une Commission, et sur lequel il sera fait un rapport. (R.)

tite longueur, son action sur l'aiguille aimantée augmentera à mesure que le nombre de soudures alternatives qu'on échauffera sera plus grand : ainsi, en échauffant la première soudure, on observera une certaine déviation de l'aiguille; en échauffant la première et la troisième, la déviation augmentera; l'effet s'accroîtra encore si on agit sur les trois premières soudures de rang impair, et ainsi de suite; mais lorsque toutes ces soudures seront en action, l'effet total ne surpassera pas celui qu'on aurait obtenu en employant seulement un circuit simple de M. Seebeck formé de deux barreaux semblables à ceux de l'appareil multiple.

Lorsque l'appareil est fermé par un conducteur réduit dans son milieu et sur une courte longueur à un petit diamètre, son action est sensiblement égale à celle qu'on observe quand le conducteur a partout le même diamètre.

Sur *la Température du corps humain, dans divers climats.*

Suivant le Dr John Davy, quand on passe subitement d'un climat froid ou tempéré à la région des tropiques, la température du corps s'élève de 1°, et même quelquefois de 1°,5 centigrade. Les observations sur lesquelles il appuie cette opinion sont consignées dans l'ouvrage intitulé : *An account of the interior of Ceylon.*

M. John Davy quitta l'Angleterre pour se rendre à Ceylan en février; le 10 mars, par 9°.42′ de latitude nord, le thermomètre à l'ombre marquait +25°,6; la

chaleur commençait à paraître désagréable. On prit alors la température de sept individus en très-bonne santé, trois heures après leur déjeuner ; voici les résultats : (le thermomètre était placé sous la langue aussi profondément que possible ; la bouche restait fermée pendant toute la durée de l'expérience. Nous rappellerons qu'en Angleterre la température du corps humain est de 36°,7 centig.) :

	Age.	Temp. centig.
N° 1	24 ans	+ 37°,3 ;
2	28	37,5 ;
3	25	37,1 ;
4	17	37,3 ;
5	25	37,3 ;
6	20	36,7 ;
7	28	37,1 ;
Moyenne.......		37°,19.

Le 4 avril, par 23°.44′ de latitude sud, le thermomètre marquant + 26°,7, les mêmes sept individus et six autres, après avoir été exposés pendant près d'un mois à la chaleur des tropiques, fournirent les résultats suivans :

N° 1	.....	+ 37°,5 ;
2	.....	37,5 ;
3	.....	37,6 ;
4	.....	37,8 ;
5	.....	37,5 ;
6	.....	37,8 ;
7	.....	37,5 ;
8	25 ans	38,3 ;
9	40	37,6 ;
10	43	37,2 ;
11	40	37,5 ;
12	13	37,8 ;
13	4	37,5 ;
Moyenne.......		37°,62.

Enfin, le 5 de mai, sous 35°.22′ de latitude sud, après avoir été trois semaines entre le 30me et le 35me. degré par un temps humide et froid, le thermomètre ne marquant plus que + 15°,5 centig., M. Davy répéta encore les expériences et trouva :

N° 1...	+ 36°,9;
3...	+ 36,0;
5...	+ 36,7;
6...	+ 37,1;
7...	+ 36,8;
8...	+ 36,7;
Moyenne.....	36°,42.

Quelques auteurs ont avancé que la température des habitans des tropiques est inférieure à celle qu'on a adoptée pour les régions tempérées. Les résultats suivans obtenus par M. John Davy, à Colombo, capitale de Ceylan, sur six *singaleses*, montrent que cette opinion est erronée. L'expérience est du mois de septembre 1816; le thermomètre à l'ombre et à l'air libre marquait alors + 25°,1 centig.

Sexe des individus.	Age.	Temper. centig.
Femelle......	50 ans......	+ 38°,3;
Id..........	4..........	38,6;
Mâle..........	20..........	38,3;
Id..........	8..........	38,6;
Id..........	40..........	37,8;
Id..........	25..........	37,8;
	Moyenne......	38°,23.

Le mois suivant, l'expérience fut répétée dans une

école d'orphelins, d'abord sur des individus métis et ensuite sur des blancs.

MÉTIS.

Sexe.	Age.	Température sous la langue.	Température sous les aisselles.
Femelle.	12 ans.	38°,0 centig.	36°,9 centig.
Id......	14	38,3	....
Id......	17	37,8	....
Mâle....	14	38,9	37,8;
Id......	10	38,6	37,5;
Id......	14	37,8	37,2;
Id......	10	37,8	37,2.
Moyenne........		38°,17.	

BLANCS.

Femelle.	9	38,3	37,5;
Id......	6	38,3	36,7;
Id......	9	38,3	36,9;
Id......	12	38,9	37,8;
Mâle...	8	38,9	37,8.
Moyenne........		38°,54.	

Sur *la Lumière produite par la décharge du fusil à vent.*

On a avancé que l'on apercevait de la lumière à l'extrémité d'un fusil à vent lorsqu'on le décharge dans l'obscurité, et on a supposé qu'elle était électrique, et due à l'expansion subite de l'air condensé, au sortir

de la bouche du fusil. Ayant souvent essayé sans succès de produire de la lumière de cette manière, j'ai varié l'expérience en chargeant successivement le fusil avec de l'air chaud, sec ou humide, et en le déchargeant dans une atmosphère sèche, froide ou chaude; mais je ne suis jamais parvenu à obtenir de la lumière. Comme on aurait pu supposer que le canon absorbait le feu électrique, j'ai déchargé le magasin d'air lui-même, mais toujours en vain.

Un des soirs de l'automne dernier, j'ai enfin observé une lumière faible. Je conclus aussitôt qu'on devait l'attribuer à la bourre qui avait excité un frottement sur la paroi intérieure du canon, toutes les autres expériences ayant été faites sans bourre. Mais n'ayant pu reproduire de la lumière, le même soir, je supposai que la première bourre, faite de papier, était plus sèche et plus propre à produire de l'électricité.

J'essayai ensuite la soie, le drap, la plume, le papier, la résine, la gomme laque, le sucre, et enfin des tubes et des fils minces de verre.

Les trois premières substances et la gomme laque produisirent parfois de la lumière : le sucre et le verre ne manquèrent jamais d'en donner; mais celle produite par le verre était de beaucoup la plus vive, s'allongeant d'environ un pied, depuis la bouche du fusil, en un faisceau verdâtre éclatant. Imaginant que ce pouvait être la vélocité avec laquelle la substance électrique était poussée à travers l'air, qui produisait le phénomène, j'enfermai de la cendrée de plomb, des pois, etc., dans de la soie; mais je n'aperçus ainsi aucune lumière.

Le jour suivant, je répétai mes expériences avec le

même succès devant quelques amis. Mais quelle fut notre surprise, en essayant quelques vieilles bourres de soie, qui étaient devenues humides et sales par leur séjour sur la terre depuis mes dernières expériences, de trouver qu'elles donnaient beaucoup plus de lumière qu'avant, et que de petits morceaux de bois et de la sciure humide en produisaient aussi! Nous essayâmes ensuite de tirer le fusil avec le canon vide, et nous obtînmes constamment de la lumière à la première décharge, qu'il fût fortement ou faiblement chargé. Un des assistans m'ayant fait remarquer que le canon de fusil ayant été appuyé contre le mur pendant que l'on comprimait de l'air dans le réservoir, il était possible qu'il y fût tombé quelques grains de chaux ou de sable, dont le frottement aurait été probablement cause que la première décharge avait été lumineuse, nous prîmes des précautions contre cet accident, et dès-lors on n'aperçut plus de lumière. Mais en introduisant un peu de sable dans le fusil, on avait à chaque décharge un très-beau jet lumineux.

Il devenait évident, par ces expériences, que la lumière était produite par attrition, et que la poussière adhérant au bois employé, à la soie, etc., pouvait être la vraie cause de son apparition. En essayant en effet de la soie très-propre et sèche, de la laine, des plumes et des cylindres de bois, il ne fut plus possible d'obtenir de la lumière.

Convaincus que l'attrition était la seule cause de l'apparence lumineuse, nous essayâmes des corps siliceux et d'autres corps durs, qui produisent de la lumière lorsqu'on les frotte ensemble, tels que le quartz, le spath-fluor, etc., et nous les trouvâmes tous lumineux. Avec

des corps d'une nature opposée, il ne fut point possible d'obtenir aucune lumière. Pour nous assurer si la lumière dégagée avec les substances dures provenait des particules de fer arrachées du canon de fusil, comme les étincelles d'une roue d'émouleur, nous tînmes successivement à la main, à la bouche du canon, du sable, des fragmens de spath-fluor, de sucre; et lorsqu'on déchargea le fusil sur ces corps, ils parurent tous lumineux, quoique pas aussi fortement que lorsqu'ils étaient introduits dans le canon. Pour voir enfin si ce n'était point une apparence électrique produite par le souffle violent de l'air contre ces corps cristallisés, nous formâmes une petite grille avec des tubes de thermomètre bien propres et bien secs, qui fut placée vis-à-vis la bouche du canon; mais, dans ce cas, nous ne pûmes distinguer aucune espèce de lumière, lorsqu'elle fut traversée par l'air condensé.

On doit donc conclure de là que la lumière qui se manifeste dans la décharge d'un fusil à vent, provient uniquement de l'attrition occasionée par le sable ou autres substances dures adhérant à la bourre, ou tombées par accident dans le canon; et qu'il ne résulte aucune lumière de l'expansion subite de l'air sortant d'un réservoir où on l'avait comprimé, ou de son impulsion sur l'air du dehors. En introduisant du sucre dans le canon, et en le déchargeant contre un mur dans l'obscurité, il produit de la lumière au moment où il frappe le mur (1). (John Hart, *Journal of Science*. xv. 64.)

---

(1) Nous rappellerons, à l'appui des expériences précédentes, que lorsqu'on dirige le vent d'un soufflet bien pro-

Sur *l'Existence du carbonate de magnésie dans les calculs vésicaux des animaux herbivores.*

Par Mr J.-L. Lassaigne.

La plupart des chimistes qui se sont occupés de l'analyse des concrétions vésicales des quadrupèdes herbivores, n'ont point fait mention que le carbonate de magnésie se rencontrait au nombre de leurs principes constituans. Il est vraisemblable qu'ils n'ont point dirigé leurs recherches pour le découvrir. MM. Wurzer, J.-F. John et Strohmeyer, chimistes allemands, sont les seuls, à ma connaissance, qui en aient annoncé la présence dans ces corps. Les deux premiers l'ont trouvé, chacun de leur côté, dans un calcul urinaire du cheval, et le dernier dans un semblable calcul extrait de la vache. Je ne connaissais pas encore leurs résultats, qui ont été publiés et que j'ai eu occasion d'apercevoir tout récemment en consultant la traduction française des Tableaux chimiques du Règne animal de M. J.-F. John, lorsqu'en considérant les résultats analytiques obtenus par M. Chevreul sur l'urine de cheval, dans la composition de laquelle il a trouvé du carbonate de magnésie, je tentai de le rechercher dans les calculs urinaires de cet animal : en effet, je ne tardai pas à l'y découvrir, ainsi que dans ceux du bœuf et de la

---

pre sur l'électromètre le plus sensible, on n'obtient aucun signe électrique; mais que si le soufflet contient un peu de cendre ou de poussière, l'électricité est si forte qu'elle peut même être accusée par les électromètres les moins délicats. (R.)

vache, que j'eus occasion d'examiner par la suite, et qui font partie de la nombreuse collection du cabinet de l'Ecole royale d'Alfort.

C'est en traitant tous ces calculs par l'acide sulfurique, calcinant la masse saline obtenue, qui est formée principalement de sulfate de chaux, la lavant avec trois à quatre fois son poids d'eau froide, précipitant la solution aqueuse par le bi-carbonate de potasse, filtrant la liqueur et l'exposant ensuite à l'action de la chaleur, que j'ai observé son existence dans ces concrétions.

Je ne doute plus à présent que le carbonate de magnésie n'acccompagne constamment le carbonate de chaux dans la composition de ces dernières. Sa quantité est petite, à la vérité; je ne l'ai trouvée que formant un centième et demi à deux centièmes du poids des calculs vésicaux.

SUR *le Toutenague et le Cuivre blanc de Chine.*

Nous avons donné, dans ce journal. XXI. 98, l'analyse que le Dr Fyfe a faite du toutenague ou cuivre blanc des Chinois. Mais M. Dick Lauder a publié depuis, dans le No 15 de l'*Edinburgh philosophical Journal*, des observations desquelles il résulterait que le toutenague et le cuivre blanc sont deux substances totalement différentes, et que c'est la dernière que le Dr Fyfe a analysée. Voici ce qu'il dit à ce sujet, sur l'autorité d'un ami qui a fait pendant plusieurs années le commerce entre l'Inde et la Chine, et qui a eu occasion de

manier une grande quantité de toutenague : le cuivre blanc n'est employé que par les Chinois, et ils sont si jaloux d'empêcher les autres nations d'en avoir qu'on ne l'exporte que par contrebande. Néanmoins il en passe ainsi une quantité considérable de la Chine dans l'Inde, où on en fait grand cas pour des ustensiles domestiques. Le toutenague, au contraire, est un objet de commerce très-étendu entre les deux contrées. Il est expédié de la Chine en pièces d'environ huit à neuf pouces de long, cinq et demi de large, et cinq huitièmes d'épaisseur. Sa couleur est le grisâtre : il est si fragile, qu'il est même nécessaire d'user de grandes précautions pour le charger à bord des bâtimens, et l'empêcher de se briser par le choc des pièces les unes contre les autres. Sa cassure a de l'éclat et ressemble à celle d'un fer de mauvaise qualité; mais sa cristallisation, si on peut lui donner ce nom, est plus prononcée. Le son en est sourd. Les Indiens l'allient au cuivre pour faire le bronze nécessaire à leurs ustensiles de ménage.

Errata *pour le Mémoire de M.* de Buch, *tome* xxii.

Page 284, ligne 4, en remontant : *température*, ajoutez, *moyenne*.

—— 286 —— 8 : *mais à quelle déclinaison, etc.*, lisez, *mais jusqu'où ce phénomène s'étend-il au sud.*

—— 286 —— 12 : la phrase commençant ainsi : *Pourquoi dans cette situation, etc.* ne rend pas tout-à-fait la pensée de l'auteur; lisez plutôt : *Cette situation, presque aux limites des pluies du tropique et de celles d'hiver, n'expliquerait-elle pas pourquoi ces îles sont quelquefois plusieurs années sans voir tomber une goutte d'eau ?*

—— 287 —— 1 : *que quand on n'a pas, etc.*, lisez, *que quand on y est absolument forcé.*

—— 295 : au lieu de, *Baudini*, lisez, *Bandini.*

—— 298, ligne 10 : au lieu de, *tables qui sont bien faites*, lisez, *courbes bien déterminées.*

—— 298 —— 26 : au lieu de, *est pour*, lisez, *appartient à.*

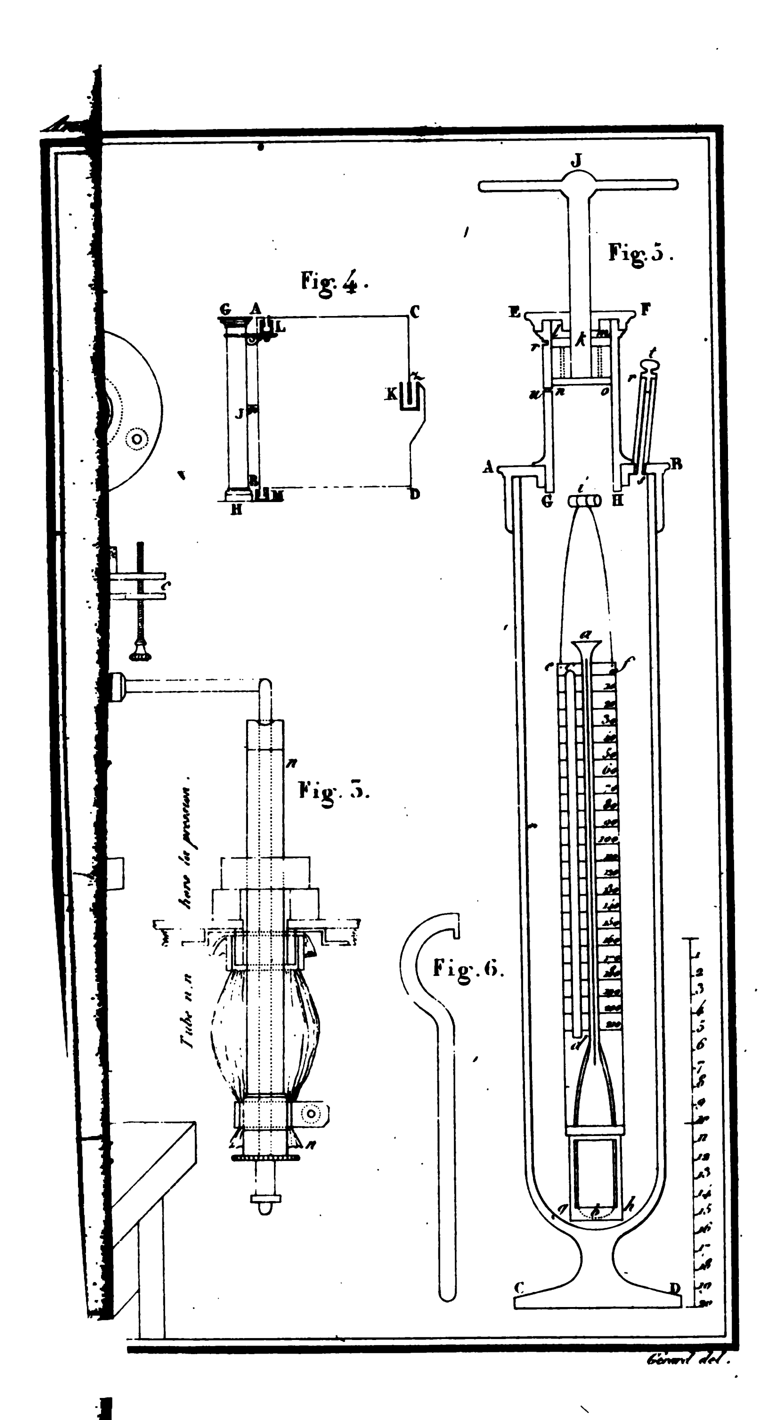
—— 300, avant dernière ligne : au lieu de, *remonte*, lisez, *continue à s'avancer.*

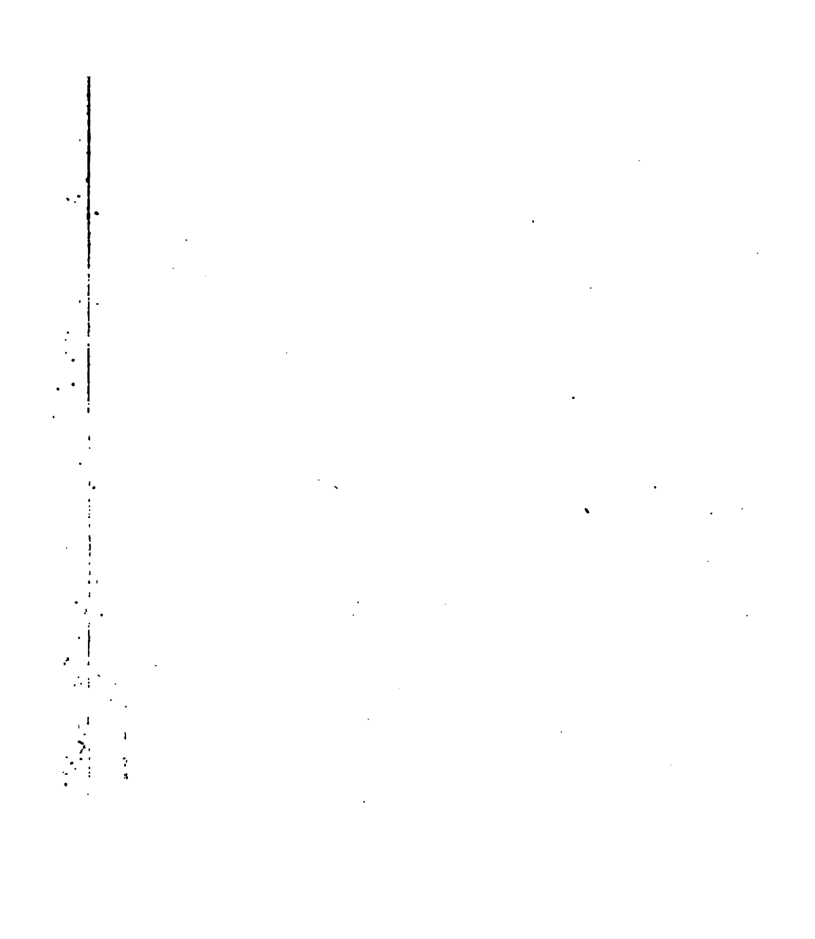
JOURS.	9 heures du matin			Midi.			3 heures du soir.			9 heures du soir.			Thermomètre.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	762,13	+14,1	82	761,72	+16,9	78	760,63	+17,0	81	759,47	+11,5	98	+16,9	+ 9,4	Couvert.	O. S. O.
2	755,26	+15,0	88	753,40	+18,5	72	751,80	+20,0	65	753,87	+ 7,5	94	+20,0	+ 6,2	Nuageux.	S.
3	757,83	+10,1	78	757,25	+12,0	67	756,50	+12,2	68	754,90	+ 7,5	94	+12,2	+ 4,5	Très nuageux.	O. fort.
4	747,50	+10,4	96	746,36	+11,2	94	744,30	+11,1	96	742,22	+10,4	100	+11,3	+ 7,8	Pluie.	S. O. fort.
5	738,73	+10,8	92	737,93	+11,4	88	736,03	+13,8	78	735,52	+ 8,5	95	+13,8	+ 8,2	Couvert.	S. O.
6	740,23	+ 8,2	88	742,55	+10,6	75	742,93	+12,0	68	745,90	+ 5,3	95	+12,0	+ 4,3	Quelques éclaircies.	O.
7	750,10	+ 9,8	84	750,52	+12,6	71	750,05	+14,7	61	749,90	+10,9	82	+15,0	+ 0,3	Nuageux.	S. O.
8	748,32	+11,1	81	747,20	+14,4	70	745,46	+16,7	58	745,25	+10,8	85	+16,8	+ 7,0	Trouble et nuageux.	E. N. E. fort.
9	747,28	+ 7,5	85	747,84	+10,5	79	748,45	+12,2	74	751,35	+ 9,6	87	+12,5	+ 5,0	Couvert.	N. E. fort.
10	756,85	+10,0	64	757,09	+12,1	59	756,87	+13,1	58	758,24	+ 7,8	65	+13,1	+ 4,5	Beau.	E. N. E.
11	760,12	+ 8,2	61	759,28	+10,0	57	757,90	+11,4	57	758,60	+ 7,3	70	+11,4	+ 3,0	Beau.	E. N. E.
12	759,15	+ 8,0	79	758,58	+11,0	63	757,72	+12,1	61	758,20	+ 7,2	87	+12,1	+ 3,2	Très-beau.	N. N. E.
13	759,54	+ 5,7	84	759,06	+ 8,1	75	758,27	+ 9,1	72	758,20	+ 6,2	83	+ 9,1	+ 2,3	Couvert.	N. N. E.
14	757,66	+ 8,4	78	757,23	+11,7	75	757,10	+13,4	74	758,96	+ 9,0	86	+13,4	+ 4,6	Nuageux.	N.
15	763,40	+ 8,4	81	763,76	+ 8,5	77	763,88	+ 8,5	83	765,35	+ 6,4	86	+10,8	+ 5,0	Très-nuageux.	N. N. E.
16	766,16	+ 8,5	78	765,00	+11,2	76	763,45	+13,5	67	762,55	+ 9,7	90	+13,5	+ 2,5	Trouble et nuageux.	N. N. E.
17	760,68	+12,5	94	759,98	+16,2	88	758,39	+16,5	80	755,40	+13,5	87	+16,5	+10,0	Couvert.	O.
18	749,65	+10,2	89	748,30	+13,0	70	746,94	+12,1	60	745,82	+ 6,8	78	+13,0	+ 6,8	Quelques éclaircies.	O.
19	746,07	+ 8,0	70	746,63	+ 9,0	75	747,48	+ 7,4	78	749,12	+ 5,5	85	+11,0	+ 3,0	Nuageux.	N. O.
20	754,70	+ 6 7	82	755,67	+ 9,2	64	756,82	+10,2	56	759,22	+ 3,7	74	+10,3	+ 1,8	Nuageux.	N. O.
21	758,20	+10,0	64	756,80	+12,9	59	754,81	+14,5	56	753,17	+ 7,9	70	+14,5	− 1,2	Nuageux.	S S. O.
22	751,86	+12,5	64	750,92	+14,8	57	749,74	+14,1	57	747,95	+10,8	91	+14,8	+ 2,5	Nuageux.	S.
23	745,18	+14,4	83	744,00	+15,5	70	742,50	+12,2	80	741,06	+ 7,3	98	+15,5	+ 6,5	Couvert.	S. O.
24	742,14	+10,6	83	744,05	+11,0	84	746,00	+12,2	79	752,40	+ 7,0	89	+12,3	+ 6,5	Pluie par intervalles.	O.
25	757,37	+10,2	73	757,34	+12,2	69	755,73	+14,7	67	754,10	+10,5	89	+14,8	+ 2,5	Petits nuages blancs.	S.
26	750,60	+15,2	84	749,60	+19,6	68	748,73	+20,6	64	749 90	+11,6	92	+20,6	+ 7,5	Voilé.	E. S. E.
27	752,96	+11,1	89	753,83	+11,8	88	755,80	+ 9,5	87	758,24	+ 7,3	89	+11,7	+ 6,8	Couv., léger brouil.	O.
28	759,04	+ 8,0	85	758,80	+11,0	80	757,86	+13,0	79	758,17	+10,5	78	+14,8	+ 3,0	Couvert.	N. E.
29	760 67	+11,0	69	761,38	+12,0	69	761,02	+14,0	62	764,40	+ 8,1	73	+14,0	+ 4,0	Couvert.	N. N. E. fort.
30	766,50	+ 8,5	79	766,18	+12,5	64	765,20	+12,5	57	765,42	+ 9,8	78	+12,5	+ 3,0	Beau.	N. E. fort.
1	750,42	+10,7	84	750,19	+13,0	75	749,30	+14,3	71	749,66	+ 9,0	89	+14,4	+ 5,7	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	757,71	+ 8,5	80	757,35	+10,8	72	756,78	+11,4	69	757,14	+ 7,5	83	+12,1	+ 4,2	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 3,708
3	754,45	+11,1	77	754,29	+13,3	71	753,74	+13,7	69	754,48	+ 9,2	85	+14,5	+ 4,1	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 3,265.
	754,20	+10,1	80	753,94	+12,4	73	753,27	+13,1	69	753,-6	+ 8,6	85	+13,7	+ 4,6	Moyennes du mois, +9°,2.	

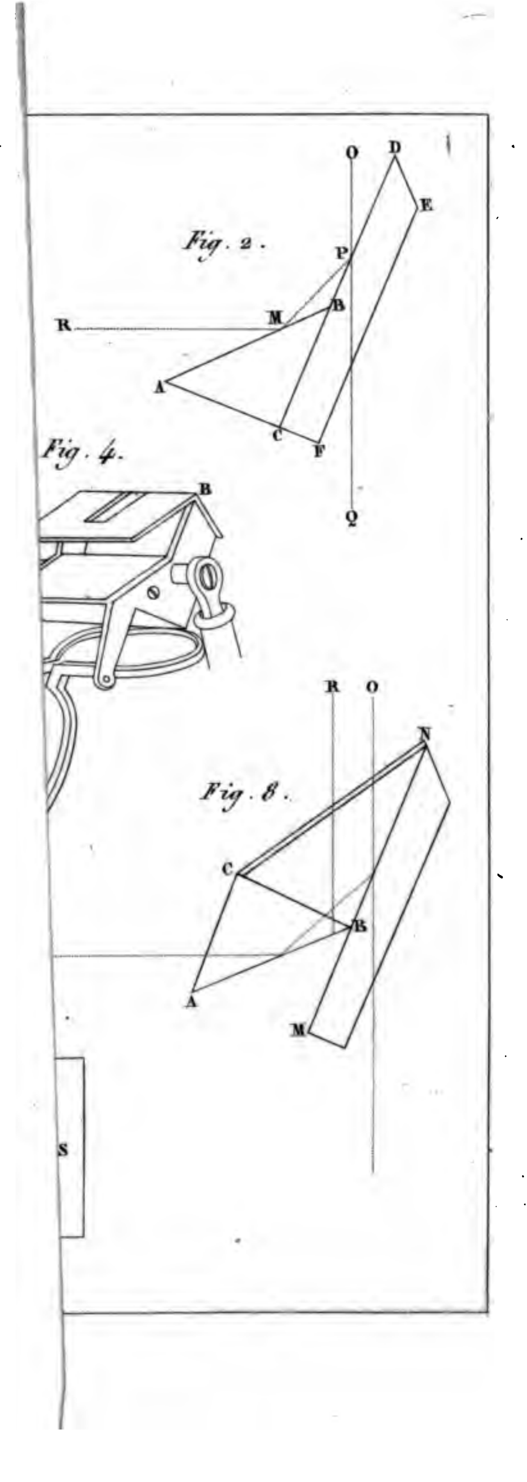
TABLE

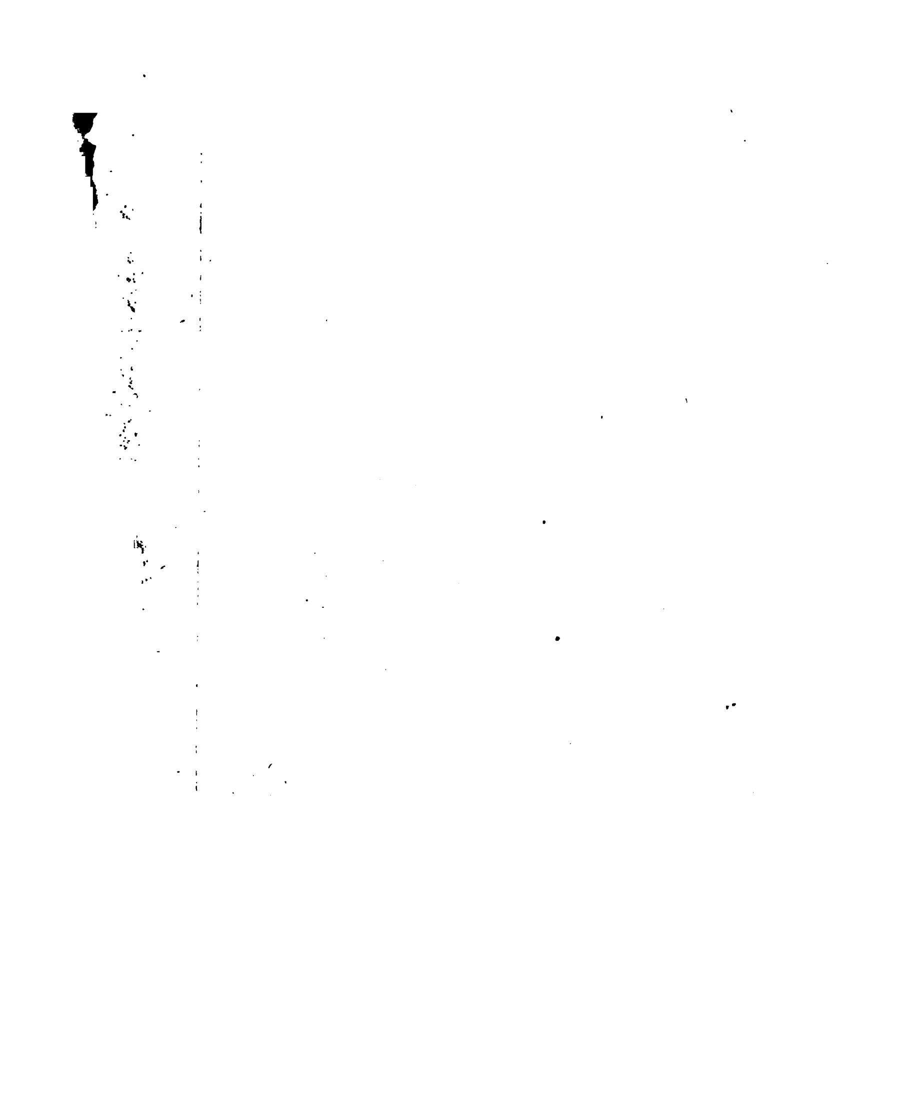
DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

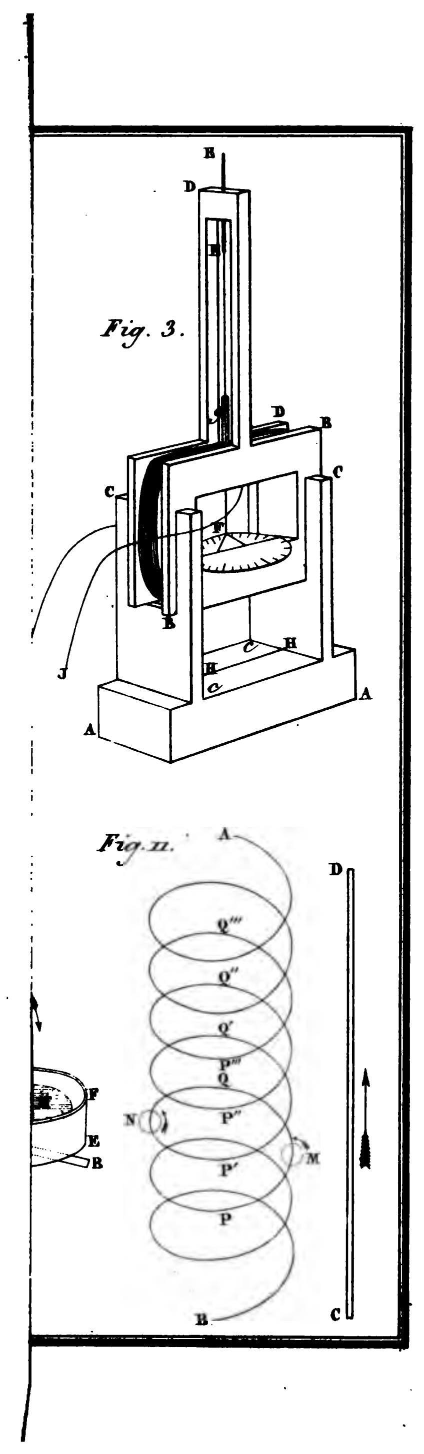
FIN DE LA TABLE DU VINGT-DEUXIÈME VOLUME.


Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 6.
Tube n.n hors la pression.
Gérard del.




Fig. 2.
O
D
E
P
B
R
M
A
C
F
Q
Fig. 4.
B
R
O
N
Fig. 8.
C
B
A
M
S




Fig. 3.
E
D
D
B
C
C
F
B
J
H
C
H
C
A
A
Fig. 11.
A
D
Q'''
Q''
Q'
P'''
Q
P''
N
M
P'
P
B
C
F
E
B



